



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

RISTO VIHINEN  
SUUNNITTELURATKAISUJEN TALOUDELLISUUDEN ARVIOINTI  
OMAPERUSTAISSESSA ASUNTOTUOTANNOSSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Arto Saari

Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
27. maaliskuuta 2017

## TIIVISTELMÄ

**VIHINEN, RISTO:** Suunnitteluratkaisujen taloudellisuuden arviointi omaperustaisessa asuntotuotannossa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 57 sivua, 3 liitesivua

Huhtikuu 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: professori Arto Saari

**Avainsanat:** Rakennustuotannon taloudellisuus, suunnittelutehokkuus, suunnitteluratkaisu, kustannussuunnittelu, suunnittelun ohjaus

Taloudellisuuden hallinta on rakennushankkeen onnistumisen kannalta tärkeää. Suunnitteluratkaisujen taloudellisella valinnalla pyritään tyydyttämään sama tarve pienemmillä kustannuksilla. Pääosa hankkeen kustannuksista syntyy rakennusvaiheen aikana, mutta määräytyy hankkeen ohjelmointi- ja suunnitteluvaiheiden aikana. Hankkeen taloudellisen onnistumisen kannalta hankkeen alkuvaiheessa tehtävä huolellinen suunnittelun ohjaus sekä kustannussuunnittelu ovat avain asemassa.

Diplomityön tavoitteena oli arvioida eri suunnitteluratkaisujen vaikutusta kohdeyrityksen omaperustaisten kohteiden taloudellisuuteen. Alatavoitteina oli selvittää eniten kustannuksiin vaikuttavat suunnitteluvaiheen ratkaisut, suunnittelun ohjauksen ja kustannussuunnittelun menetelmiä suunnitteluratkaisujen vertailuun ja hankkeen taloudelliseen hallintaan.

Tutkimuksen teoreettinen osa toteutettiin kirjallisuusselvityksenä ja se sisältää kaksi osaa. Ensimmäisessä osassa rakennushankkeen vaiheet ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät kuvataan alan kirjallisuuden ja aiempien tutkimusten avulla. Toisessa osassa kuvataan suunnittelun ohjauksen ja kustannussuunnittelun eteneminen hankkeen eri vaiheissa ja suunnitteluratkaisujen vertailussa käytettäviä menetelmiä.

Tutkimuksen empiirinen osuus toteutettiin kvantitatiivisena tapaustutkimuksena. Sen tarkoituksena oli selvittää suunnitteluratkaisujen vaikutus kohteen kustannuksiin ja arvioida valittujen ratkaisujen vaikutusta kohteen taloudellisuuteen laskettujen tunnuslukujen avulla. Aineisto muodostui kohdeyrityksen toteutuneiden kohteiden kustannustiedoista, suunnitelmista ja määräluetteloista.

Tutkimuksen mukaan asuntojen keskipinta-ala, tilatehokkuus, pohjaratkaisun muoto, pohjaolosuhteet sekä parvekeratkaisut osoittautuivat merkittävimmiten kustannuksia aiheuttaviksi tekijöiksi. Tilastollisesti voidaan osoittaa ratkaisujen taloudellinen vaikutus tilatehokkuuden (54,2 %), runkosyvyyden (41,3 %), asuntojen keskipinta-alan (40,0 %), parvekkeen keskikoon (52,0 %) ja perustamisratkaisujen (73,3 % ja 90,2 %) avulla.

Kustannusvaikutuksiltaan suuret ratkaisut tehdään hankkeiden alkuvaiheessa, minkä vuoksi suunnittelun ohjaukseen panostaminen on tärkeää taloudellisten ratkaisujen löytämiseksi. Yksittäisten suunnitteluratkaisujen taloudellinen arviointi ei kuitenkaan tuota riittävästi tietoa ratkaisun vaikutuksesta kohteen kokonaiskustannuksiin, minkä vuoksi hyvä jatkokehitysehdotus työlle olisi yksinkertaisen hinnoittelutyökalun luominen.

## ABSTRACT

**VIHINEN, RISTO:** Economic evaluation of design variables in housing production  
Tampere University of Technology  
Master of Science Thesis, 57 pages, 3 Appendix pages  
April 2017  
Master's Degree Programme in Construction Economics  
Major: Construction Management and Economics  
Examiner: Professor Arto Saari

**Keywords:** Economic in housing production, design variables, construction costs, cost planning, design efficiency

In housing production projects, financial management is a key factor for reaching its targets. By choosing the best economical alternatives for design variables the housing project can reach the same goals with fewer costs. Most of the cost of the housing project are created during the construction phase, but is determined during the programming and design phases. Careful design planning and cost planning done in the early phases of the project are crucial for the economic success of the housing project.

The main objective of this master's thesis was to evaluate different kind of design variables and their financial impact to the whole project. Sub objects was to find the design variables with the most cost impact and to find methods used for design variable comparison and financial management in cost planning and design planning phases.

The theoretical part of the thesis was carried out as a literature and it includes two parts. The first part aims to describe the phases of the construction project and factors affecting costs. The second part describes the how the design planning and cost planning is done in the project and what are the methods used in both phases for comparing design variables.

The empirical study was conducted as a quantitative case study. Its purpose was to examine the effect of design variables in cost and assess the impact of selected solutions in the economics by indicators. The material used in this thesis consisted of the target company's actual projects and their cost data.

Average floor area of apartments (40,0 %), space efficiency (54,2 %), depth of the plan (41,3 %), the ground conditions (73,3 % and 90,2 %) and the average size of balcony (52,0 %) turned out to be the most significant solutions to costs. The number in brackets describes the dependency between costs and design variables.

The cost impact on major decisions are made at an early stage of projects, so it is important to pay attention to design planning if willing to find economic solutions. Economic assessment of individual design solutions, however, do not provide sufficient information to the effect of the solution in the overall cost. Therefore a good proposal for the further development of the work would be a simple pricing tool.

## ALKUSANAT

Tämä työ saattaa päätökseen pitkän taipaleeni opiskelijana. Tähän taipaleeseen on mahtunut paljon onnistumisia, mutta myös epäonnistumisia. Molemmista olen ottanut oppia ja valmistumisen myötä voinkin todeta, että lopussa kiitos seisoo. Haluan kiittää Pohjola Rakennus Oy Hämeen puolelta tuotantojohtaja Miika Oksasta mielenkiintoisen aiheen löytämisestä, työn ohjauksesta sekä työn toteuttamiseen vaaditun ajan antamisesta. Tampereen teknillisen yliopiston puolelta haluan kiittää professori Arto Saarta työn ohjaamisesta ja kommentoinnista.

Erityiskiitos kuuluu vanhemmilleni. Heidän kannustuksensa, tukensa ja neuvonsa ovat olleet kullanarvoisia koko opintataipaleeni ajan. Erityiskiitos kuuluu myös tulevalle vaimolleni Jennille kärsivällisyydestä ja kannustuksesta opintojeni sekä erityisesti koko diplomityöprosessin aikana.

Tampereella, 6.4.2017

Risto Vihinen

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Lähtökohdat ja tausta .....	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset .....	2
1.3	Tutkimuksen suoritus ja rakenne .....	3
2.	RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET JA KUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN .....	4
2.1	Perustajaurakointihanke .....	4
2.1.1	Tarveselvitys .....	5
2.1.2	Hankesuunnittelu .....	6
2.1.3	Rakennussuunnittelu .....	6
2.1.4	Rakentaminen ja käyttöönotto .....	8
2.2	Kustannukset ja niihin vaikuttavat tekijät .....	8
2.3	Määräysten ja kaavoituksen vaikutus kustannuksiin .....	19
3.	SUUNNITTELUN OHJAUS JA KUSTANNUSSUUNNITTELU .....	21
3.1	Suunnittelunohjaus ja suunnittelutehokkuus .....	21
3.2	Kustannustavoite .....	23
3.3	Kustannussuunnitteluprosessi .....	26
3.4	Suunnitelmien kustannusten arviointi ja vertailu .....	28
3.4.1	Tilalaskenta .....	29
3.4.2	Tuoteosalaskenta .....	30
3.4.3	Rakennusosalaskenta .....	30
3.4.4	Suoritelaskenta .....	31
4.	TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUKSEN SUORITUS .....	32
4.1	Kohteiden esittely .....	32
4.2	Tutkimusmenetelmät .....	34
5.	TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	38
5.1	Tilatehokkuus ja rakennusoikeuden käyttötehokkuus .....	38
5.2	Rakennuksen muoto ja julkisivumateriaalit .....	40
5.3	Runkosyvyys .....	43
5.4	Asuntojen keskipinta-ala ja lukumäärä .....	44
5.5	Parvekeratkaisut .....	46
5.6	Pohjaolosuhteet .....	48
5.7	Yhteenveto .....	49
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	51
6.1	Tulosten tarkastelu .....	51
6.2	Tutkimuksen tarkastelu .....	52
6.3	Ehdotukset jatkotutkimukselle .....	53
	LÄHTEET .....	54
	LIITTEET	

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

asm <sup>2</sup>	Asuinhuoneiston alasta kustannustietojärjestelmää käytetty lyhenne. Asuinhuoneisto rinnastetaan huoneeseen ja sen tilaa kutsutaan asunto-alaksi.
brm <sup>2</sup>	Bruttoala tarkoittaa rakennuksen tai sen osan kokonaislaajuutta ulkomitoin.
hum <sup>2</sup>	Huoneala tarkoittaa pinta-alaa, jonka rajoina ovat huonetta ympäröivien seinien pinnat tai niiden ajateltu jatke.
htm <sup>2</sup>	Huoneistoalassa tilaa rajaavat toisaalta huoneistoa ympäröivien seinien, toisaalta huoneiston sisällä olevien kantavien ja muiden koko rakennukselle välttämättömien rakennusosien huoneistojen puoleiset pinnat.
hym <sup>2</sup>	Hyötyala on suunnitelmasta tai rakennuksesta mitattu, eri toimintoihin käytettävien huoneiden ja tilojen pinta-ala.
kem <sup>2</sup>	Rakennusten kerrosten yhteenlaskettu pinta-ala ulkoseinien ulkopintaan asti laskettuna.
ohm <sup>2</sup>	Ohjelma-ala on huonealojen ja asuntojen huoneistoalojen yhteenlaskettu pinta-ala.
rm <sup>3</sup>	Rakennuksen tilavuuteen luetaan kuuluvaksi tilat, joita rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan lämmöneristeen alapinta ja yläpohjan lämmöneristeen yläpinta.
kustannus	Tarkoittaa rahamäärää, joka resurssien käytön ja panoshintojen perusteella tarvitaan jonkin tietyn työn, suoritteen tai palvelun tekemiseksi.
kustannuslaskenta	Ennakkolaskentaa, jonka tehtävänä on selvittää hankkeen muuttuvat erilliskustannukset.
kustannussuunnittelu	Sisältää kaikki tehtävät, joilla estetään tarpeettomien kustannusten syntyminen ja edesautetaan kustannustavoitteessa pysymistä ja tavoitteen saavuttamista suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa.
kustannustavoite	Hankeohjelman perusteella suunnittelulle asetettava puite, jossa hyväksyttävien kustannusten tulisi pysyä.
littera	Kohdistuskoodi, jolla toteutuman tiedot kohdistetaan käytettävän nimikkeistön mukaisille tavoitteille.
määrälaskenta	Määrälaskennalla tarkoitetaan kohteeseen liittyvien kustannuslaskentanimikkeiden määrien selvittämistä.

rakennusosa	Rakennuksen tai hankkeen fyysinen osa, joka koostuu yhdestä tai useammasta tarvikkeesta.
suorite	Suoritteella tarkoitetaan rakennusosan ja suorituksen yhdistelmää.

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Lähtökohdat ja tausta

Rakennushankkeen taloudellinen hallinta on tärkeää, jotta hankkeelle asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Taloudelliseen hallintaan liittyy oleellisesti kohteeseen parhaiten sopivien suunnitteluratkaisuiden vertailu ja valinta. Ratkaisujen valinnassa tulee ottaa huomioon ratkaisun taloudellisuuden lisäksi sen toteutuskelpoisuus ja vastaako valittu ratkaisu sille asetettuja tavoitteita.

Suunnittelun ohjaus ja siihen liittyvä kustannussuunnittelu ovat tärkeitä hankkeen taloudellisen onnistumisen kannalta, sillä aikaisessa vaiheessa hanketta voidaan vielä vaikuttaa merkittävästi suunnitteluratkaisujen valintaan. Osana kustannussuunnittelua on rakennuksen toteuttamiseen valittujen suunnitteluratkaisujen tarkastelu. Suunnitteluratkaisujen tuomia hyötyjä on verrattava niistä aiheutuviin kustannuksiin, jotta voidaan valita taloudellisesti paras mahdollinen ratkaisu (Kelly, Male & Graham 2014). Kustannussuunnittelun tuloksena hankkeelle ja sen tiloille saadaan asetettua kustannustavoite ja hanke budjetoitua asetettujen tavoitteiden perusteella (Kankainen & Junnonen 2015). Omaperustaisessa rakennustuotannossa rakennuskustannuksiin vaikuttavat tekijät tulee arvioida erityisen tarkasti, jotta saavutettaisiin asetetut tavoitteet mahdollisimman pienin kustannuksin. Edellä mainituista kustannustekijöistä suunnitteluratkaisujen vaikutus hankkeiden taloudellisuuteen on merkittävä. Hyvien ja huonojen suunnitteluratkaisujen eroista aiheutuva kustannushajonta saattaa hankkeesta ja suunnitteluratkaisun laajuudesta riippuen olla kymmeniä prosentteja (Pitkänen 2009).

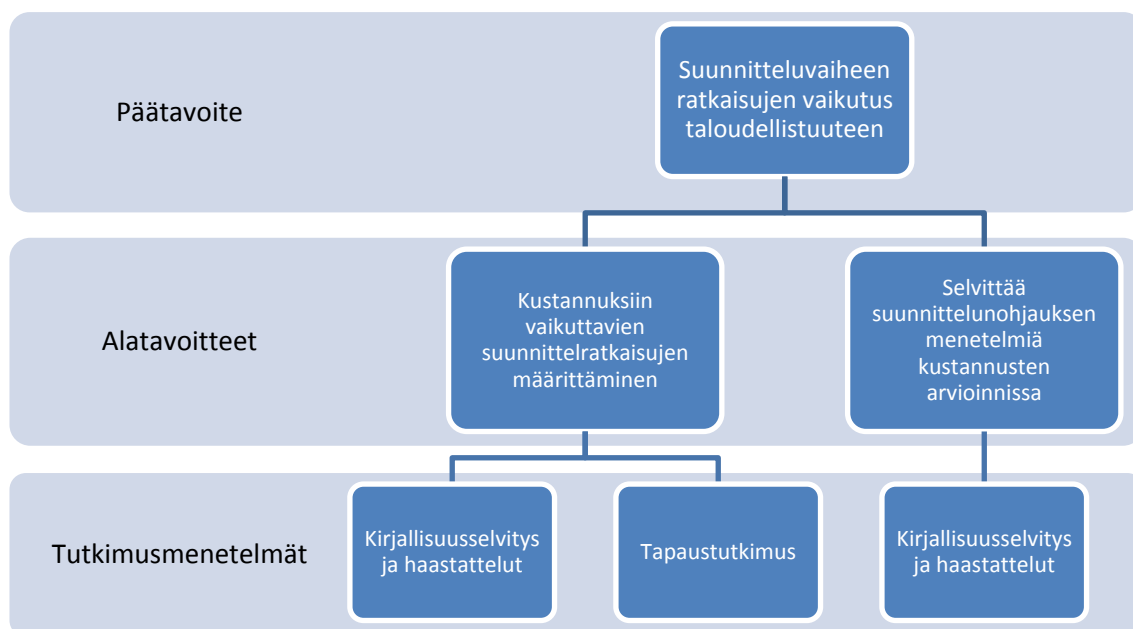
Tämä tutkimus suoritetaan Pohjola Rakennus Oy Hämeelle. Pohjola Rakennus Group PRG Oy on vuonna 1989 Pirkanmaalla perustettu perheyritys. Yrityksellä on vankka osaaminen kaikilta talonrakentamisen osa-alueilta asuinrakentamisesta liike- ja tuotantotiloihin, korjaus- ja infrarakentamiseen. Konserniin kuuluu tällä hetkellä viisi tytäryhtiötä; Pohjola Rakennus Oy Uusimaa, Pohjola Rakennus Oy Häme, Pohjola Rakennus Oy Keski- ja Itä-Suomi, Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomi ja Pohjola Rakennus Oy Infra. Konserni on kasvattanut liikevaihtoaan vuosittain ja vuonna 2016 liikevaihto oli noin 180 miljoonaa euroa. Pohjola Rakennus Oy työllistää yhteensä noin 150 henkilöä. Tällä hetkellä konsernilla on rakenteilla 1900 asuntoa sisältäen sekä omaa tuotantoa että urakko-kohteita. Yrityksen visiona on olla asumisratkaisujen edelläkävijä ja haluttu yhteistyökumppani. Yrityksen arvoja ovat asiakastyytyväisyys, kannattavuus, osaava henkilöstö ja työn ilo. (Pohjola Rakennus Oy 2017)



Pohjola Rakennus Oy on myös kansainvälistymässä. Tällä hetkellä yhtiö on perustamassa Ruotsiin tytäryhtiötä, jonka toiminta-alueena olisi aluksi Tukholman alue. Vuonna 2017 Ruotsissa toimivalla tytäryhtiöllä ei vielä ole käynnissä olevia hankkeita, mutta tavoitteena on aloittaa ensimmäisten kohteiden rakentaminen jo vuonna 2018. (Kortelainen 2017)

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoitteena on arvioida eri suunnitteluratkaisujen vaikutusta kohdeyrityksen omaperustaisten kerrostalokohteiden taloudellisuuteen. Tutkimuksen päätavoitetta tukevin alavaihteina on selvittää eniten kustannuksiin vaikuttavat suunnitteluvaiheen ratkaisut, suunnittelun ohjauksen ja kustannussuunnittelun menetelmiä suunnitteluratkaisujen vertailuun ja hankkeen taloudelliseen hallintaan. Kuvassa 1 on esitetty tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät.



**Kuva 1.** Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

Aihealueena rakentamisen taloudellisuuden tutkiminen on erittäin laaja, minkä vuoksi tutkimus on rajattu koskemaan vain kohdeyrityksen Pirkanmaalla sijaitsevia omaperustaisia betonirakenteisia asuinkerrostaloja. Asemakaavan ja tonttikustannusten vaikutus rakennuskustannuksiin ja rakentamisen hintaan on merkittävä. Tässä tutkimuksessa ne rajataan kuitenkin tarkastelun ulkopuolelle. Kaavamääräysten ja lainsäädännön aiheuttamien kustannusvaikutusten taloudellisen merkittävyyden vuoksi niitä käsitellään kuitenkin lyhyesti teoriaosuudessa.

### 1.3 Tutkimuksen suoritus ja rakenne

Tutkimuksen teoriaosassa etsitään tietoa rakentamisen kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä sekä kustannusten muodostumisesta hankkeen eri vaiheissa rakennusalan kirjallisuutta käyttäen. Kirjallisuusselvitys koostuu kahdesta osasta, jotka muodostavat yhdessä tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen. Aluksi selvitetään hankkeen eri vaiheet ja kustannusten muodostuminen sekä niihin vaikuttavat tekijät. Seuraavaksi perehdytään suunnittelun ohjaukseen ja kustannussuunnitteluun. Tarkoituksena on selvittää miten suunnittelun ohjauksella voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisujen valintaan hankkeen eri vaiheissa ja mitä menetelmiä ratkaisujen vertailemiseen on olemassa. Tutkimuksen teoriaosuus tukee myöhemmin suoritettavien kustannustietojen vertailua.

Tutkimuksen toisessa osassa esitellään tutkimuksessa käytetty aineisto ja tutkimuksen suoritus sekä siinä käytetyt tutkimusmenetelmät. Tutkimus tehdään kvantitatiivisena tapaututkimuksena. Tutkittavan joukon muodostavat kohdeyrityksen toteutuneet hankkeet. Kustannusten riippuvuutta suunnitteluratkaisujen tehokkuudesta havainnollistetaan tilastollisia menetelmiä, lineaarista ja epälineaarista regressioanalyysia sekä Pearsonin korrelaatiokerrointa käyttäen.

Tutkimuksen kolmannessa osassa perehdytään kohdeyrityksen omaperusteisiin kerrostalokohteisiin. Kohteiden seurantataulukoista kerätään toteutuneet kustannustiedot ja kohteiden suunnitelmista ja määräluetteloista laajuustiedot kohteittain yhteen vertailutaulukoon. Kirjallisuusselvityksen ja asiantuntijahaastatteluiden avulla selvitettyjä eniten kustannuksiin vaikuttavien suunnitteluratkaisujen taloudellisuutta arvioidaan suunnitteluratkaisusta laskettujen tehokkuuslukujen ja kustannuksista laskettujen tunnuslukujen avulla. Tulosten pohjalta esitetään 9 rakennuskustannuksiin eniten vaikuttavaa tekijää ja tutkitaan niiden vaikutuksia taloudellisuuteen. Lopuksi pohditaan tutkimuksen tulosten luotettavuutta, tutkimuksen onnistumista ja mahdollisuuksia jatkotutkimuksille.

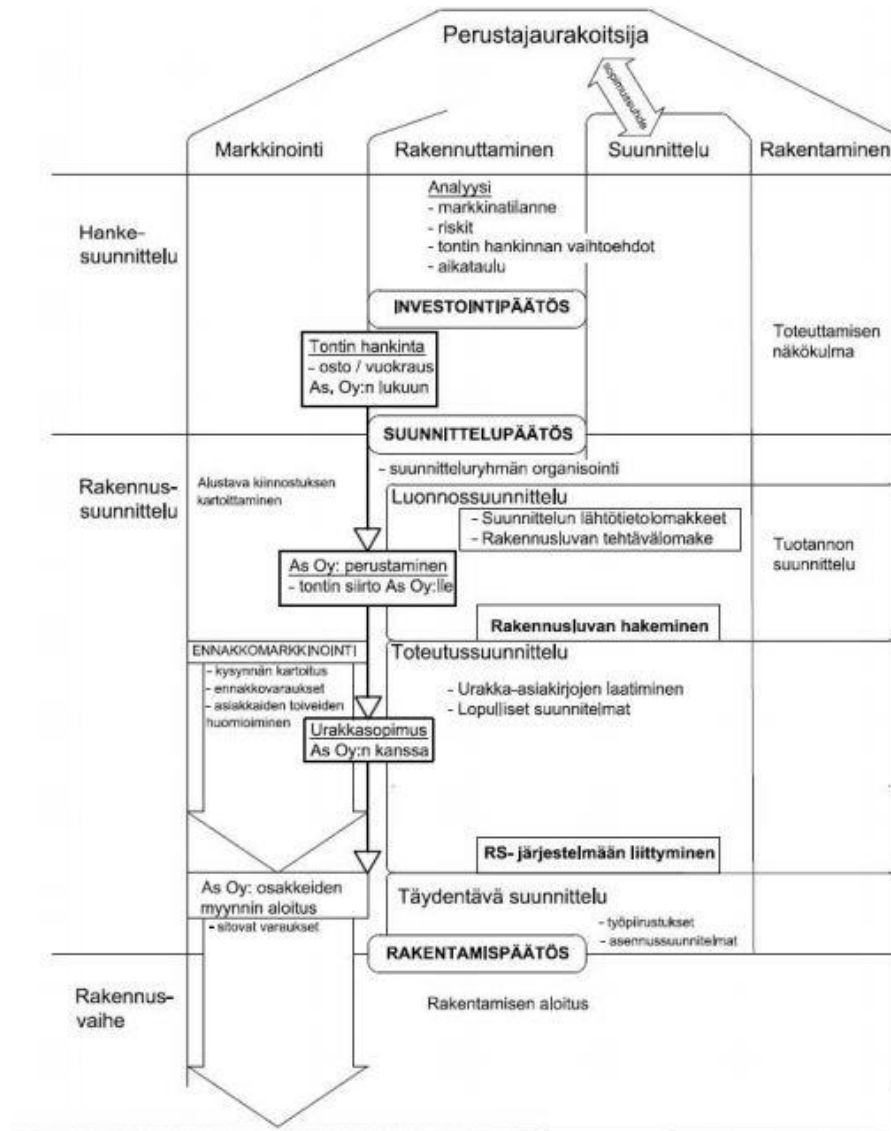
## 2. RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET JA KUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN

### 2.1 Perustajaurakointihanke

Perustajaurakointi eli ”gryndaus” on hankkeen tuotantomuoto, jossa rakennusliike perustaa asunto- tai kiinteistöosakeyhtiön, suunnittelee ja rakentaa kohteen sekä markkinoi kohdetta ulkopuolisille ostajille jo rakennusaikana. Perustajaurakoinnilla tuotetaan yleisimmin omaa asuntotuotantoa, minkä vuoksi perustajaurakointia kutsutaan omaperustaiseksi asuntotuotannoksi. Rakennusaikana rakennusliike myy perustetusta osakeyhtiöstä osakkeita ulkopuolisille ostajille, säilyttäen kuitenkin määräysvallan osakeyhtiössä omistuksenpidätysehdoin koko rakennusajan. Hankkeen rakentamiseksi solmitaan urakkasopimus rakennusliikkeen ja rakennettavan osakeyhtiön kesken. Tällöin perustajaurakoitsija edustaa molempia osapuolia sopimuksessa. (Kankainen & Junnonen 2015, s. 26-30; Walden 2015)

Perustajaurakointihanke alkaa tontin hankkimisella. Hankittava tontti voi olla joko kunnalta vuokrattava tai rakennusliike voi ostaa rakennusoikeutta sisältävän tontin. Rakennusliike voi ostaa myös kaavoittamatonta maata, johon suunnitellaan molempia osapuolia tyydyttävä kaava. (Walden 2015)

Tontin hankinnan jälkeen perustetaan asunto- tai kiinteistöosakeyhtiö, jonka kanssa tehdään rakentamisesta urakkasopimus. Perustajaurakointihankkeen vaiheet ovat samat kuin muissakin toteutusvaihtoehdoissa. Vaiheet on esitetty kuvassa 2.



**Kuva 2.** Perustajaurakoinnin vaiheet ennen rakentamisvaihetta (Walden 2015)

Rakennushankkeen eteneminen vaiheittain on kuvattu seuraavissa alaluvuissa. Tutkimuksen kannalta tärkeimmät vaiheet ovat hankesuunnittelu ja rakennussuunnittelu, sillä niissä tehtävien päätösten kustannusvaikutukset ovat hankkeelle kaikkein suurimmat.

### 2.1.1 Tarveselvitys

Rakennushanke käynnistyy tilaajan aloitteesta tarveselvitysvaiheella. Siinä selvitetään tilaajan ja käyttäjän tarpeisiin vastaava toimintaympäristö. Toimintaympäristö kuvataan tilantarpeena, joka selvitetään tilaryhmittäin karkealla tasolla. Tiloilta vaadittavat ominaisuudet, alustava tilaohjelma sekä hankkeen toteutusaikataulun laatiminen kuuluvat tarveselvitysvaiheeseen. (Haahtela 2015, s.30-31; Kankainen & Junnonen 2015, s.16-17.)

Omaperustaisessa tuotannossa tarveselvitysvaiheen eteneminen voidaan kuvata kolmen tehtäväkokonaisuuden avulla. Kokonaisuudet ovat tavoitteiden määrittely, tilanhankinta-vaihtoehtojen selvittäminen ja hankepäätöksen valmistelu. Tavoitteiden määrittelyssä kuvataan toimintavaihtoehdot ja sen toiminnot, selvitetään toiminnan mitoituserusteet, määritetään toiminnalliset ja sijaintia koskevat vaatimukset ja rajoitukset, asetetaan hankkeelle taloudelliset tavoitteet ja rajaukset sekä hahmotetaan eri toimintavaihtoehtojen laadun, laajuuden, kustannusten ja aikapuitteen aiheuttamat vaatimukset tiloille. Tilanhankintavaihtoehtoja tutkimalla selvitetään vaihtoehdot tilantarpeen tyydyttämiseksi, etsitään vaihtoehtoisia rakennuspaikkoja, joista tutkitaan kaavalliset ja toiminnalliset kelpoisuudet, sekä selvitetään rakennuspaikan tekninen rakennettavuus ja laaditaan vaihtoehtoista alustavat kustannusselvitykset. Hankepäätöksen valmistelussa hankkeesta laaditaan riski-, suhdanne- ja talousanalyysit ja selvitetään rakennuslupaedellytykset. Tarvittaessa arvioidaan myös rakennushankkeen ympäristövaikutukset. Yhteenvetona arvioidaan voidaanko ja kannattaako rakennushankkeeseen ryhtyä. Tulosteena myönteisestä päätöksestä syntyy hankepäätös. (Kankainen & Junnonen 2015, s.18.)

### **2.1.2 Hankesuunnittelu**

Hankesuunnitteluvaiheessa tarkennetaan tarveselvitysvaiheessa määritetyt hankkeen laajuus-, kustannus-, sekä laatutavoitteet ja arvioidaan hankkeen vaihtoehtoiset toteutustavat. Olennaisena osana on investointibudjetin laatiminen. Se käsittää kaikki hankkeen kustannukset, kuten tontin, rakennuttamisen, suunnittelun, rakennustyöt, varusteet ja kalusteet sekä pääomakustannukset. Suunnittelun tulosteena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu hankeohjelmasta, projektiohjelmasta ja hanketietokortista (RT 10-11107). Projektiohjelma sisältää hankkeen toteuttamiselle asetetut tavoitteet, ja hankeohjelma suunnittelulle asetetut tavoitteet. Hankesuunnitelma sisältää investointipäätöstä varten tarvittavat tiedot ja rakennesuunnittelun tavoitteen määrittelyn. (Kankainen & Junnonen 2015, s. 20)

Maankäyttö- ja rakennuslaissa rakennushankkeeseen ryhtyvälle asetetaan lakisääteisiä velvollisuuksia, joista oleellimmat liittyvät hankesuunnitteluvaiheeseen. Lain mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Hankkeeseen ryhtyvällä tulee myös olla hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset hankkeen toteuttamiseen sekä käytettävissään pätevä henkilöstö. (MRL 2000, §119)

### **2.1.3 Rakennussuunnittelu**

Hankesuunnitteluvaiheen jälkeen alkava rakennussuunnitteluvaihe voidaan jakaa kolmeen osaan. Puhutaan ehdotussuunnittelusta, yleissuunnittelusta ja toteutussuunnittelusta

(RT 10-11107). Rakennussuunnittelun tavoitteena on saavuttaa annetuilla resursseilla paras mahdollinen laatu. Rakennussuunnittelun merkitys koko hankkeen onnistumiselle on tärkeä, sillä siinä valittujen suunnitteluratkaisujen vaikutus heijastuu merkittävästi hankkeen talouteen. (Kankainen & Junnonen 2015, s.33.)

Rakennussuunnittelussa onnistuminen edellyttää eri alojen suunnittelijoiden yhteistyötä. Kohdeyrityksen omaperustaisissa kerrostalohankkeissa suunnitteluun osallistuvat arkkitehti, rakenne- ja geosuunnittelijat sekä talotekniset suunnittelijat. Rakennussuunnittelun lähtötietoina ovat muun muassa hankesuunnitelma, erilaiset suunnitteluohjeistot, suunnitteluohje, tehtäväluettelot ja rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (Kankainen & Junnonen 2015, s.36)

Ehdotussuunnittelulla täsmennetään eri sidosryhmien ja ympäristön hankkeen suunnittelulle asettamat, hankevaiheessa määritetyt tavoitteet sovittuun laatutasoon. Täsmennysten pohjalta pääsuunnittelijana toimivan arkkitehdin ja erityissuunnittelijoiden pitää hahmotella rakennus ja sovittaa erityissuunnittelijoiden tekemät suunnitelmat yhteen. Ehdotussuunnittelun tarkoituksena on laatia asetetut tavoitteet täyttävä kohteen yleisratkaisu sekä laatia riittävä määrä vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja. Vaihtoehtoista suunnitteluratkaisusta valitaan toimivimmat ehdotussuunnitelman pohjaksi. (RT 10-11107.) Ehdotussuunnitteluvaiheella on eniten vaikutusta rakentamisen kustannuksiin. Lopputuloksena ehdotussuunnitteluvaihe tuottaa rakennettavan kohteen alustavan kokonaisratkaisun, missä huomioidaan niin alueen käyttö ja rakennuksen toiminnalliset ominaisuudet, kuin arkkitehtoniset ja rakenteelliset ratkaisut. (Kankainen & Junnonen 2015, s.37)

Yleissuunnittelun tai luonnossuunnittelun tarkoituksena on jalostaa ehdotussuunnitelman ratkaisut toteuttamiskelpoisiksi ja esittää ne yleissuunnitelmassa sekä muodostaa hankkeen pääpiirustukset (RT 10-11107). Yleissuunnitelmassa esitetään muun muassa seuraavat asiat:

- ympäristösuunnitelma
- perustamistapa
- kantavat ja osastoivat rakennusosat
- keskeiset rakenteet
- päämateriaalit
- rakennustapaselostus
- talotekniset järjestelmät, tilat, pääkanavat ja putkireitit sekä talotekniikkaselostus
- kustannusarvio

Luonnossuunnitteluvaihe päättyy rakennuslupaa varten laadittavien suunnitelmien ja asiakirjojen laatimiseen (Kankainen & Junnonen 2015, s.38). Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään mitoitetuiksi, toteutuskelpoisiksi suunnitelmiksi. Toteutussuunnitteluvaiheessa laadittavia asiakirjoja ovat työpiirustukset ja muut tekniset suunnitelmat. (RT 10-11107; Kankainen & Junnonen 2015, s.38.)

Kokonaisuutena rakennussuunnitteluvaiheessa määritetään hankkeelle hankeohjelman ja hankkeelle laaditun budjetin antamissa raameissa arkkitehtoninen ratkaisu, suunnitellaan tekniset järjestelmät sekä valitaan toteuttamistapa (Lindberg et al. 2016, s.17). Rakennussuunnitteluvaiheessa tuotetaan vaihtoehtoisia suunnitelmia, joiden taloudellisuutta arvioidaan hankkeelle asetettuun minimi laatu- ja toteuttamistasoon nähden. (Haahtela 2015, s.36; Enkovaara et al. 2006, s.8.)

### **2.1.4 Rakentaminen ja käyttöönotto**

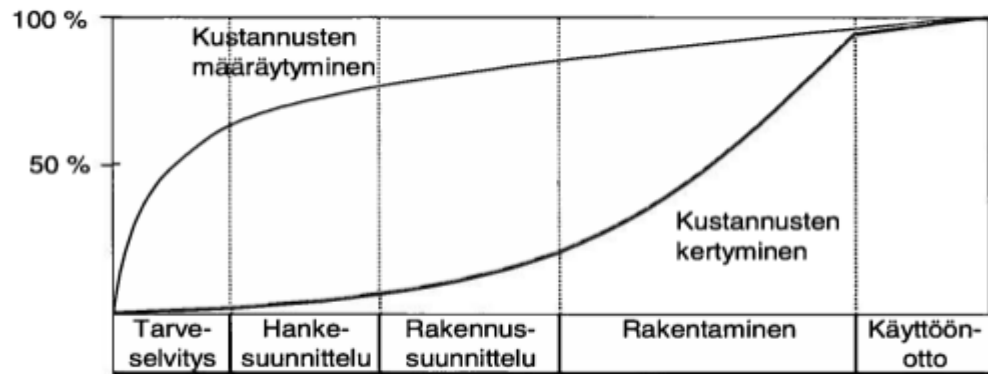
Rakennusvaiheessa hanke toteutetaan sopimusten mukaisesti ja tavoitteet täyttävänä. Rakennusvaihe jaetaan usein useampaan osaan joita ovat maanrakennus, perustustyö-, runkotyö-, sisätyö-, pihatyö- ja viimeistelyvaihe (Koski 2010). Rakentamisvaiheen lopussa kohde luovutetaan käyttäjälle vastaanottomenettelyllä. Rakentamisen jälkeen seuraa rakennuksen käyttöönottovaihe, jossa varmistetaan teknisten järjestelmien toiminta sekä annetaan käytön opastus. (RT 10-11107)

## **2.2 Kustannukset ja niihin vaikuttavat tekijät**

Rakennushankkeen hinnasta, kalleudesta, edullisuudesta tai taloudellisuudesta puhuttaessa käsitteet sekaantuvat usein. Taloudellisuus ymmärretään yleisesti saman tarpeen tyydyttämiseksi pienemmillä kustannuksilla. Hankkeen taloudellisuutta arvioitaessa tulee aina kustannusten lisäksi pitää mielessä millaista rakennusta tavoitellaan. Rakennushankkeen talouden hallinnassa pyritään saavuttamaan asetetut tavoitteet kohtuullisilla menoilla niin uudis- kuin korjausrakennushankkeissakin. Tavoitteiden määrittely ennen suunnittelua ja rakentamista on siis edellytys hankkeen taloudellisuuden hallintaan. Tämän jälkeen talouden hallinta on johtamiskysymys: aseta tavoite ja suunnittele tavoitteen mukaisesti. (Haahtela 2015, s.27)

Rakennushankkeen kustannukset voidaan jakaa eri laajuisiin kokonaisuuksiin. Hankintakustannukset kattavat muun muassa tontin hankinnan ja verot. Rakennuskustannukset käsittävät rakennuttamisen kustannukset sekä työmaalla syntyvät rakennus- ja tekniikkaosien kustannukset. Yhdessä ne muodostavat hankkeen kokonaiskustannukset. (RT 10-11226)

Riippumatta rakennushankkeen laajuudesta suurin osa rakennuskustannuksista syntyy hankkeen rakennusaikana, mutta määräytyy jo paljon aiemmin sekä tarveselvitys että hankesuunnitteluvaiheissa (Haahtela 2015, s.19-23). Eroja pinta-alaltaan ja tilavuudeltaan samanlaajuisten hankkeiden kustannuksissa aiheuttavat tilojen sijoittelu, suunnitteluratkaisut, tuotantoratkaisut, hintatekijät ja hankkeen rakennuspaikkaan liittyvät perustamis- ja tonttiolosuhteet (Enkovaara et al. 2006, s.10-11; RT 10-11226).



**Kuva 3.** Kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Kankainen & Junnonen 2015)

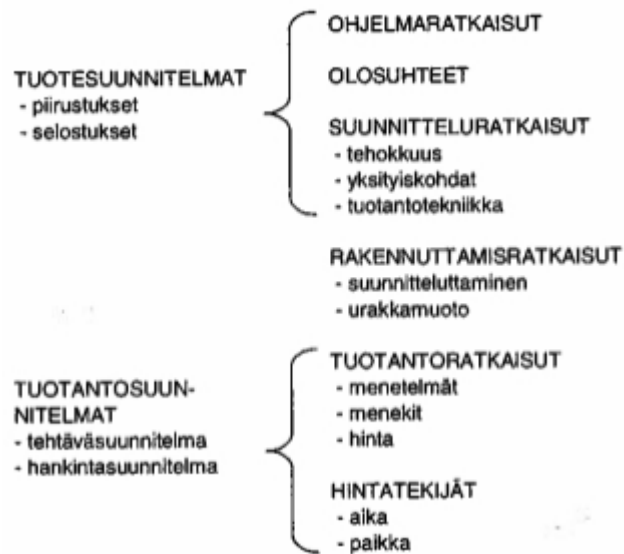
Kuvassa 3 on esitetty hankkeen kustannusten määräytyminen ja kertyminen hankkeen eri vaiheissa. Kustannuksista noin 90 % määräytyy, mutta vain noin 20 % kertyy ennen rakentamisvaihetta.

Rakennuskustannusten syntyminen ja niihin vaikuttavien tekijöiden ymmärtäminen ovat keskeisiä asioita tavoiteltaessa rakennushankkeessa taloudellisesti kannattavaa lopputulosta. Kustannusten ylittämisen välttämiseksi on tärkeää tunnistaa, mitata ja yksilöidä merkittävimmät suunnitteluratkaisut sekä niiden aiheuttamat kustannusvaikutukset koko hankkeen taloudellista onnistumista silmällä pitäen. (Safiki et al. 2015)

Kerrostalohankkeissa rakennuskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa rakennuksen kerrosluku, muoto, koko ja toistuvuus, huoneistojen koko sekä kohteen perustamisolosuhteet (Kahri & Pyykkönen 1984). Kaikkiin kustannuksia aiheuttaviin tekijöihin ei voida suunnittelulla vaikuttaa, sillä osa kustannuksista johtuu asemakaavan määräysten sekä lakien ja asetusten hankkeelle asettamista vaatimuksista (Eloranta 2014).

Hankkeiden välisiä kustannuseroja aiheutuu valitusta hankesuunnitelmasta, olosuhteista, laadituista suunnitteluratkaisuista sekä toteuttamisajankohdan, -paikan ja muodon aiheuttamista hintatekijöistä. Rakennuskustannusten suuruuteen vaikuttavia tekijöitä on esitetty kuvassa 4.





**Kuva 4.** Rakennuskustannusten suuruuteen vaikuttavat tekijät (Särkilahti 1994)

Samoilla linjoilla ovat myös Haahtela ja Kiiras Talonrakennuksen kustannustieto 2015 -julkaisussaan, jonka mukaan rakennuksen hinta muodostuu päätöksistä, jotka saavat aikaan rakennusprojektin ja sen luonteen. Heidän mukaan rakentamisen menoja aiheuttavat:

- päätös tilantarpeesta
- tiloissa harjoitettava toiminta
- olosuhteet
- valitut suunnitteluratkaisut
- ominaisuuksien suhde korjattavaan rakennukseen
- toteuttamismuoto
- toteuttamisaikataulu.

Tämän tutkimuksen osalta tärkeimmät rakentamisen hintaan vaikuttavista tekijöistä ovat rakennushankkeen toteuttamismuoto ja -ajankohta, olosuhteet ja valitut suunnitteluratkaisut. Erityisesti suunnitteluratkaisujen vaikutuksen tutkiminen hankkeen taloudellisuuteen on tutkimuksen keskiössä.

### Hankkeen toteuttamismuoto

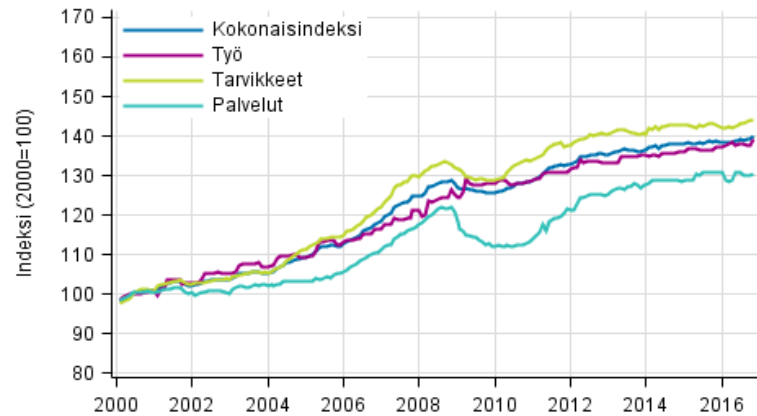
Rakennushankkeen toteuttamismuodolla on vaikutusta hankkeen hintaan. Hankkeiden välillä voi olla suuriakin hintaeroja, jotka riippuvat paljolti niiden koosta ja luonteesta sekä sillä hetkellä vallitsevasta kilpailutilanteesta. Mikäli hanke toteutetaan jakamalla se suuriin kokonaisuuksiin, saattaa osalle pienemmistä tekijöistä tulla taloudelliset rajat vastaan esimerkiksi liian suurten vakuuksien tai työntekijäkapasiteetin rajallisuuden vuoksi. Tämä voi aiheuttaa tilanteen, missä isot tekijät pystyvät määrittelemään työkokonaisuuksille merkittävästi korkeamman hinnan. (Haahtela 2015, s.20-21)

Rakennushankkeille on tyypillistä, että hankkeessa syntyvät riskit jaetaan rakennuttajan ja urakoitsijan kesken. Puhutaan niin sanotusta jaetun myyntivoiton riskistä. Tämä tarkoittaa sitä, että hankkeesta mahdollisesti syntyvät taloudelliset hyödyt jaetaan sopimusmuodon määrittelemien riskien suhteessa osapuolten kesken. Usein hankkeen suunnittelusta vastaa rakennuttaja, minkä vuoksi vastuu suunnitelmien mukaisista hinnoista on tilaajalla. Urakoitsija taas vastaa omalla panoksellaan hankkeen toteutuksessa syntyvistä kustannuksista antamansa tarjouksen mukaisesti. Näin molemmilla osapuolilla on halu saada toteutettua hanke taloudellisesti kannattavasti. (Haahtela 2015, s.21)

### **Toteuttamisaikataulu**

Toteuttamisaikataululla voi olla suurikin merkitys rakentamisen hintaan. Mikäli hankkeelle asetetaan liian tiukka aikataulu toteuttamisen resursseihin nähden, johtaa se usein vuorotyöhön ja kustannusten kasvamiseen. Haahtelan & Kiiraan mukaan taas liian pitkään toteutusaika ei ole kannattavaa, sillä siitä aiheutuu paljon aikasidonnaisia työmakuluja ja tehottomuutta. Hankkeen ajallisia hintavaikutuksia pystytään karsimaan sillä, että mahdollisimman paljon hankkeen toteutukseen vaadittavista töistä saadaan sisällytettyä urakoihin. Urakkatyössä työaika on joustava, jolloin aikataulun hintavaikutukset jäävät vähäisemmiksi. (Haahtela 2015, s.21)

Toteuttamisaikatauluun liittyy oleellisesti myös rakennusalan hinta- ja kustannustason ajallinen kehittyminen. Hintojen kehitystä kuvataan indeksillä ja rakentamisen saralla sitä mitataan virallisesti Tilastokeskuksen kuukausittain julkaiseman rakennuskustannusindeksin avulla. Sillä pyritään kuvaamaan samankaltaisten rakennustöiden ja rakennusten rakennuskustannusten suhteellista muutosta (Suomen virallinen tilasto 2016). Rakennuskustannusindeksi ei kuitenkaan mittaa tuottavuuden muutoksia, menetelmien muutoksia, materiaalien käytön muutoksia eikä katevaihtelun muutoksia. Sillä on myös hyvin vaikea kuvata alennusten vaikutusta hintaan (Lindberg et al. 2016, s.19), eikä se kuvaa rakentamisen alueellisia eroja panoshintojen kehityksessä (Pitkänen 2009).



Lähde: Tilastokeskus

**Kuva 5.** Rakennuskustannusindeksi (Suomen virallinen tilasto 2016)

Kuvasta 5 nähdään, että tarvike- ja työpanosten kehittyminen on tapahtunut viime vuosina melko samassa suhteessa. Taloudellisen taantuman vaikutus 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla voidaan nähdä varsinkin tarvikepanosten osalta selkeästi. Palvelut -panos muodostuu rakentamiseen välillisesti liittyvistä palveluista kuten kuljetuksista, työmaatilojen ja kaluston vuokraamisesta, konetöistä sekä rakennuttajapalveluista kuten vakuutuksista sekä liittymismaksuista. (Suomen virallinen tilasto 2016.)

Muita talonrakennusalan hinta- ja kustannustason kehittymistä seuraavia mittareita ovat Rapal Oy:n julkaisema Talonrakentamisen tarjoushintaindeksi, jolla kuvataan uudisrakennuskohteiden urakkatarjoushintojen muutoksia vuoden 1992 tarjoushintaan sekä Haahtela-kehitys Oy:n Haahtela-hintaindeksi, joka on ”rakennushankkeiden tarjoushintojen kehitystä mittaava muuttuvapainotteinen ja muuttuvahintainen tarjoushintaindeksi”. (Pitkänen 2009.)

## Olosuhteet

Rakennuspaikan olosuhteilla on hyvin suuri merkitys hankkeen hintaan. Huonot pohjaolosuhteet saattavat vaatia huomattavan paljon resursseja. Esimerkiksi louhinnasta, pohjanvahvistuksista, purettavista rakennuksista ja täytöistä aiheutuu merkittäviä kustannuksia, jotka nostavat hankkeen kokonaiskustannuksia. Pohjaolosuhteita ei voi muuttaa, mutta huolellisella suunnittelulla, kuten Haahtela & Kiiras (2015) toteavat, voidaan vaikuttaa rakennuspaikalle sijoitettavien toimintojen sijoitteluun siten, että huomattavia kustannuksia aiheuttavat pohjanvahvistustyöt jäävät minimiin. Toinen hankkeen hintaa nostava tekijä on kausiolosuhteet. Niihinkään ei voida vaikuttaa, mutta jälleen huolellisella suunnittelulla ja ennen kaikkea olosuhteille arkojen työvaiheiden tekemisellä suotuisaan aikaan voidaan vähentää kausiolosuhteiden, kuten talvilisätöiden, aiheuttamia kustannuksia.

Kuten edellä mainittiin, rakennuspaikan pohjaolosuhteita ei voida muuttaa. Onnistuneella maanhankinnalla ja suunnittelulla pohjaolosuhteiden kustannusvaikutuksiin pystytään

vaikuttamaan. Huonoja pohjaolosuhteita joudutaan vahvistamaan esimerkiksi paaluttamalla, mikä lisää merkittävästi perustuskustannuksia. Tämän vuoksi kohteissa, joissa pohjaolosuhteet ovat epäedulliset ja hankekoko pieni, on vaarana, ettei niitä saada taloudellisesti kannattaviksi. Toisaalta, RAKLI:n tekemän tutkimuksen mukaan yksikköhinta-pohjaista kannattavuutta pystytään kasvattamaan lähes eksponentiaalisesti kerroslukua kasvattamalla. Kerrosluvun kasvattamisella perustuskustannusten ja vastaavien kiinteiden kustannusten vaikutus saadaan jaettua useammalle kerrokselle ja näin hanke voidaan saada kannattavaksi huonoista pohjaolosuhteista riippumatta (Sainio 2015). Kerrosluvun kasvattamista kannattavuuden näkökulmasta korostaa myös Ivor H. Seeley (Seeley 1976) toteamalla huonojen pohjaolosuhteiden voivan kasvattaa hankkeen kokonaiskustannuksia jopa viidellä prosentilla.

### **Suunnitteluratkaisut**

Rakennushankkeen kustannuksista suuri osa on seurausta valituista suunnitteluratkaisuksista. Rakennerratkaisuihin vaikuttavat osaltaan kaavamääräykset ja asetukset, joten kaikkiin kustannuksiin ei suunnittelunohjauksella pystytä vaikuttamaan (Pitkänen 2009; Eloranta 2014). Moniin ratkaisuihin voidaan kuitenkin vaikuttaa, kuten ulkoseinien määrään ja materiaalin valintaan, yhteistilojen ja keskipinta-alan määrään sekä asuntojen materiaali- ja varustelutason valintaan vaikuttaviin ratkaisuihin (Eloranta 2014).

Hankkeen toteutusajankohdalla on merkitystä valittuihin suunnitteluratkaisuihin, koska ajalliset trendit vaikuttavat suunnittelukäytäntöihin sekä rakennusten massoitteeluun. Lisäksi rakennuksen massoitteella on merkittävä rooli harkittaessa miten ja millaisilla suunnitteluratkaisuilla hanke toteutetaan. Suunnittelijat massoittelevat rakennuksen ja sen tilat eri tavoin, minkä vuoksi hankkeen hintaan vaikuttavat yksikköhinnat, resurssien määrät ja jakaumat voivat erota toisistaan merkittävästi (Pihlajaniemi 2014).

Tilaohjelmaltaan samankaltaisissa hankkeissa kustannuseroihin vaikuttavat muun muassa rakennuksen perusratkaisut ja muoto, rakennuksen sijoittelu tontille, rakenne- ja tuotantotekniset ratkaisut sekä varuste- ja viimeistelytaso (Haahtela 2015, s.20; Lindberg et al. 2016, s.18-19). Suunnitelmat, joissa teknisiä ja käytävätiloja on vähän suhteessa ohjelma-alaan, ovat tilan käyttöasteeltaan kaikkein tehokkaimpia ja näin ollen myös kustannustehokkaimpia (Särkilahti 1994). Ohjelma-ala tarkoittaa hankeohjelmaan sisältyvien tilojen huonealojen ja asuntojen huoneistoalojen yhteenlaskettua pinta-alaa (Enkovaara et al. 2006, s.34)

Cunninghamin (2013) tutkimuksen mukaan isot rakennukset, jotka ovat muodoltaan ja kerroksiltaan yksinkertaisia ja toistuvia, ovat suhteessa huomattavasti halvempia kuin muodoltaan monimutkaisia ja yksilöllisiä kerroksia sisältävät pienet rakennukset. Cunninghamin mukaan pitämällä suunnitteluratkaisut yksinkertaisina ja toistuvina saavutetaan hyvä tuottavuusaste, tuotetaan vähemmän materiaalihukkaa ja saavutetaan suurempi huoneistoalatehokkuus kuin yksilöidyissä, monimuotoisissa kohteissa.

Safiki et al. (2015) ovat keränneet kirjallisuuskatsauksessaan listan (taulukko 1) yleisistä suunnitteluratkaisuista, jotka vaikuttavat kustannuksiin. Listan ratkaisut on kerätty useiden eri tutkijoiden teoksista.

**Taulukko 1.** *Rakennuskustannuksiin eniten vaikuttavat yleiset suunnitteluratkaisut (Safiki et al. 2015, mukaillen)*

Nro.	Suunnitteluratkaisu
1	Pohjaratkaisu
2	Pohjaratkaisun monimutkaisuus
3	Rakennuksen koko
4	Kerroskorkeus
5	Kerrosten lukumäärä
6	Rakennuksen piiri
7	Käytävien määrä
8	Taloryhmät
9	Julkisivumateriaalit
10	Talotekniset ratkaisut
11	Välipohjien jännevälit
12	Rakennettavuus

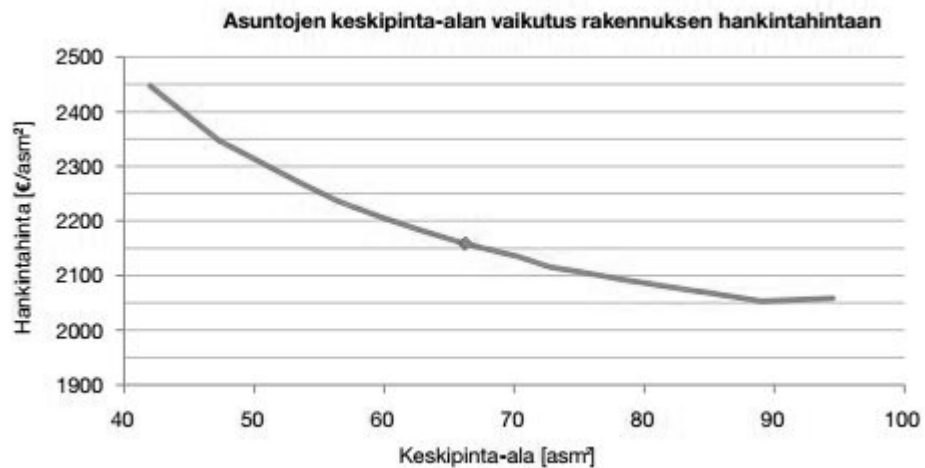
Safiki et al. (2015) julkaiseman raportin mukaan eniten on tutkittu pohjaratkaisun ja sen monimuotoisuuden, kerrosten lukumäärän ja taloteknisten ratkaisujen vaikutuksia kustannuksiin. Kyseisillä ratkaisuilla onkin suuri merkitys kalliiden rakennusosien, kuten ulkoseinien, perustusten ja talotekniikan määrään.

Rakennusosien kustannuksia 2016 -kirjan sekä Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkasteluja –raportin mukaan suunnittelu- ja rakenneratkaisuista tekniseen hintaan eniten vaikuttavat:

- alueosat: maanrakennus- ja pihatyöt
- perustustapa: perustukset ja alapohja
- runkoratkaisut
- asuntojen keskipinta-ala
- julkisivu: materiaalit ja määrät
- ulkotasot, erkkerit, parvekkeet
- tilapinnat
- tilojen varusteiden ja kalusteiden määrä sekä laatutaso
- autopaikoitus.

Alueosien ja perustustavan aiheuttamiin kustannuksiin vaikuttaa tontin pohjaolosuhteiden lisäksi suuresti toteutettavan rakennuksen muoto ja korkeus. Seeley (1976) havainnollistaa rakennuksen pohjaratkaisun kustannusvaikutuksia vertaamalla kahta, kerrosalaltaan samankokoisia, mutta pohjaratkaisultaan erilaista rakennusta. Esimerkin mukaan monimuotoinen pohjaratkaisu, jossa ulkoseinän määrä on kuusi prosenttia suurempi, nostaa kustannuksia perustusten osalta noin 50 prosenttia, maanrakennuksen osalta noin 20 prosenttia ja viemäriinjojen osalta noin 25 prosenttia.

Asuntojen keskipinta-alan kasvattaminen vähentää pääsääntöisesti suhteellisia rakennuskustannuksia. Pitkäsen (2009) mukaan asuntojen keskipinta-alan pienentäminen 60 asuinneliöstä 50 asuinneliöön nostaa huoneistojen keskimääräistä hankintahintaa noin 100€/h<sup>2</sup>m. Huoneistojen neliöhinta kuitenkin hidastuu selvästi mentäessä kohti keskipinta-alaltaan suurempia huoneistoja (Lahti et al. 2008). Kuvassa 6 on esitetty asuntojen keskipinta-alan vaikutus asuntojen hankintahintaa.



**Kuva 6.** Asuntojen keskipinta-alan vaikutus rakennuksen hankintahintaan. (Pitkäsen 2009)

Rakennuksen muoto vaikuttaa paitsi rakennuksen ulkoisiin osiin kuten ulkoseinien ja vesikattorakenteiden määrään, myös rakennuksen sisäisten osien jakoon. Pohjaratkaisultaan suorakaiteen tai neliön muotoinen rakennus tarjoaa suurimmassa osassa hankkeita taloudellisimman vaihtoehdon. Pohjaratkaisun yksinkertaisuus tarkoittaa usein ulkoseinäpinta-alan pienempää määrää suhteessa rakennuksen kerrospinta-alaan kuin monimuotoinen pohjaratkaisu. Mitä monimuotoisempi pohjaratkaisu on, sitä suuremmiksi kustannukset kasvavat kerrosneliöitä kohden (Lahti et al. 2008). Samaan tulokseen ovat päässeet tutkimuksissaan myös A.D. Ibrahim (2007) ja Zima (2012). Tutkimusten mukaan kapea ja monimuotoinen pohjaratkaisu vaikuttaa rakennuksen piiriin suhteeseen bruttoalaa kohden ja nostaa yksikkökustannuksia ja kokonaiskustannuksia (Ibrahim 2007; Zima 2012).

Ashworthin (1994) mukaan monimuotoisen pohjaratkaisun aiheuttamat kustannukset johtuvat rakennuksen nurkkien lisääntymisestä. Nurkkien lisääntyminen kasvattaa rakennuksen piiriä, perustusten määrää ja mahdollisesti myös vesikattorakenteita erityisesti räystäsrakenteiden osalta. Haahtelan (2015) mukaan vähän tai normaalisti (0,05-0,1) nurkkia ulkoseinämetriä kohden sisältävät kohteet ovat pohjaratkaisultaan yksinkertaisia, kun taas paljon nurkkia (0,2-0,3) sisältävät kohteet ovat pohjaratkaisultaan monimutkaisempia.

Pohjaratkaisun kustannusvaikutusten mittaamiseksi on yritetty kehittää useita eri menetelmiä. Ulkoseinien pinta-alan suhde kerrosalaan, *W/F* (eng. *Wall/Floor index*) eli julkisivutehokkuus, on käyttökelpoinen menetelmä vertailtaessa kerrosaltaan samankokoisia rakennuksia. Mitä pienempi suhdeluku on, sitä taloudellisesti kannattavampi pohjaratkaisu on. Tämän menetelmän heikkous on siinä, että ei ole olemassa optimaalista referenssilukua johon vertailua voidaan tehdä. (Ashworth 1994, s.10; Kirkham 2015, s.154.) Muita rakennuksen rungon muodon kustannusvaikutusten arviointiin käytettyjä menetelmiä ovat muun muassa LBI -indeksi (eng. *Length/Breadth index*), JC-indeksi (eng. *Cook's JC shape-effectiveness index*), POP -indeksi ja ”m” -indeksi (eng. *the building planning index*). (Belniak et al. 2013)

Kaikki edellä mainitut menetelmät antavat karkean arvion pohjaratkaisun vaikutuksista kustannuksiin. Menetelmiä käytettäessä on kuitenkin muistettava, että niissä tarkastellaan tehokkuutta vain muutamien parametrien osalta ja muodosta aiheutuviin kustannuksiin vaikuttaa myös moni muu tekijä (Kirkham 2015, s.154). Seuraavassa on esitelty tarkemmin käytetyt indeksit.

Julkisivutehokkuus mittaa rakennuksen ulkoseinän pinta-alan ja yhteenlasketun kerrosalan suhdetta. Oletusarvona on, että mitä lähemmäksi arvoa 0 julkisivutehokkuudella päästään, sitä pienemmät rakennuskustannukset ovat. Julkisivutehokkuus lasketaan seuraavasti:

$$\frac{W}{F} = \frac{L-L_s}{L_s} * 100 \%,$$

missä  $L$  on rakennuksen kerrosten yhteenlaskettu piiri ja  $L_s$  on samankokoisen neliön piiri kuin vertailtavana olevan rakennuksen yhteenlaskettu kerrosala. (Belniak et al. 2013; Kirkham 2015, s.154)

LBI -indeksin laskemisessa oletetaan, että jokainen rakennuksen poikkileikkaus voidaan muuttaa suorakulmaiseen muotoon. Täysin neliömuotoiselle pinta-alalle muotokertoimen arvo on 1. Mitä suurempi muotokertoimen arvo on, sitä monimuotoisempi pohjaratkaisu rakennuksella on. Pituus-leveystehokkuuden muotokerroin lasketaan seuraavasti:

$$LBI = \frac{L + \sqrt{L^2 - 16F}}{L - \sqrt{L^2 - 16F}},$$

missä  $L$  on rakennuksen piiri ja  $F$  on rakennuksen poikkileikkauksen bruttoala. (Belniak et al. 2013; Kirkham 2015, s.154)

Muotokerroin "m" tarkoituksena on yksinkertaistaa seinien pinta-alan ja rakennuksen poikkileikkauksen avulla laskettua suhdelukua. Paras tehokkuus saavutetaan "m" muotokertoimen arvolla 3,54, mikä tarkoittaisi ympyrän muotoista pohjaratkaisua. Ympyrän muotoinen rakennus ei ole kuitenkaan kustannuksia ajatellen taloudellinen toteuttaa, minkä vuoksi paras arvo saavutetaan neliön muotoisella pohjaratkaisulla. Muotokertoimen "m" arvo neliölle on 4.

$$m = \frac{L}{\sqrt{F}}$$

missä  $L$  on rakennuksen piiri ja  $F$  on rakennuksen poikkileikkauksen bruttoala. (Belniak et al. 2013)

JC -indeksin laskemiseksi käytetään ulkoseinien piirin ( $L$ ) ja rakennuksen pohjaratkaisun bruttoalan ( $F$ ) suhdetta. JC indeksin laskentakaava ilmoitetaan seuraavasti:

$$JC = \frac{L}{4\sqrt{F}} - 1. \text{ (Belniak et al. 2013)}$$

POP -indeksissä lähtökohtana vertailulle toimii ympyrä, koska siinä kehän ja rakennuksen bruttoalan suhde on pienin. Paras arvo indeksille on 1 ja mitä pienemmäksi arvo muuttuu, sitä monimuotoisempi ja kalliimpi pohjaratkaisu on. POP -indeksi kuvataan seuraavalla kaavalla:

$$POP = \frac{2\sqrt{\pi F}}{L},$$

missä  $L$  on rakennuksen piiri ja  $F$  on rakennuksen poikkileikkauksen bruttoala. (Belniak et al. 2013; Kirkham 2015, s.154)

Runkosyvyydellä vaikutetaan rakennuksen asuntojen muotoon ja kokoon sekä ulkoseinä- ja perustusrakenteiden määrään. Runkosyvyyden kasvattaminen vähentää ulkoseinä- ja perustusrakenteiden määrää ja sitä kautta alentaa kustannuksia, kun taas runkosyvyyden pienentäminen lisää julkisivujen suhteellista määrää kerrosalaan nähden ja näin ollen nostaa kustannuksia (Pitkänen 2009). Runkoratkaisuista kustannuksia aiheuttavat myös muun muassa kantavat ulko- ja väliseinät, välipohjat, yläpohjat sekä runkoportaat.

Julkisivujen aiheuttama vaikutus kokonaiskustannuksiin on merkittävä. Jopa noin 10 % kokonaiskustannuksista saattaa aiheutua julkisivujen rakenne ja materiaalivalinnoista (Pitkänen 2009; Pyykönen, Kiiras & Orantie 1985, s.76). Julkisivujen aiheuttamat kustannukset ovat suoraan verrannollisia rakennuksen ulkoseinien määrään, joten rakennuksen muoto, kerroskorkeus ja julkisivun jaotteluun liittyvät ratkaisut vaikuttavat kusan-



nuksiin merkittävästi (Pyykönen, Kiiras & Orantie 1985, s.75-79). Waldenin (2015) mukaan julkisivun aiheuttamat kustannukset myytävää huoneneliötä kohden vaihtelevat välillä 80-120 €/hum<sup>2</sup>. Julkisivujen kustannuksiin vaikuttavat muun muassa ikkunat ja aukot, parvekkeet, tehosteet ja julkisivumateriaalit. Pitkäsen (2009) mukaan halvimmat pintamateriaalit ovat maalattu tai tiililaatta pintainen elementti ja kalleimmat ovat paikalla muurattu julkisivu sekä rapattu julkisivu.

Parvekkeiden, erkkereiden ja ulkotasojen määrä riippuu paljolti julkisivupinta-alasta. Rakennuksen runkosyvyys ja muoto vaikuttavat parvekkeiden sijaintiin ja olemassa oloon. Mikäli asuntokaumalle on esitetty tietty tavoite, saadaan sisäänvedetyillä parvekkeilla kasvatettua rakennuksen runkosyvyyttä toisin kuin uloke tai pieli/pilariparvekkeilla (Pihlajaniemi 2014). Suurempi runkosyvyys pienentää rakennuskustannuksia, mutta toisaalta sisäänvedetyt parvekkeet pienentävät asuntojen kokoa ja myytäviä neliöitä. (Pitkänen 2009, Pihlajaniemi 2014, Sainio 2015). Erkkereiden rakentamisessa on huomioitava, että ne vaikuttavat ulkoseinien, ylä- ja välipohjarakenteiden sekä ikkunoiden kuten myös taloteknisten järjestelmien määrään ja sitä kautta nostavat kustannuksia. (Pitkänen 2009)

Tilapintoihin ja tilojen kalusteiden sekä varusteiden tasoon ja laatuun voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisuilla. Tilojen pintamateriaalit voidaan valita useasta eri materiaaliavaihtoehdosta, mistä aiheutuu kustannuseroja ratkaisujen välille. Kohdeyrityksen omaperustaisessa tuotannossa peruseriaatteena on tarjota asiakkaille kalusteiden, varusteiden ja materiaalien osalta perusratkaisuja, jotka ovat kustannuksiltaan maltillisia. Mikäli asiakas haluaa muuttaa suunnitteluratkaisua, tapahtuu se lisä- ja muutostyönä. Esimerkiksi muovimatto on huomattavasti halvempi materiaali lattiapäällysteeksi kuin parketti. Parketti lisää siis kustannuksia, mutta samalla se lisää asunnon laatutasoa.

Pysäköinnin aiheuttamiin rakennuskustannuksiin voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisuilla, mikäli asemakaava ei aseta pysäköinnille liian tiukkoja vaatimuksia. Pitkänen (2009) ja Sainio (2015) ovat tutkineet kaavamääräysten kustannusvaikutuksia, mutta molemmista tutkimuksista voidaan pysäköinnin osalta tarkastella myös rakenteellisten suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutuksia. Molempien tutkimusten perusteella maantasopaikoitus on edullisin ratkaisu ja pysäköinti kallioluolassa kallein. RAKLI:n tutkimuksen mukaan maantasopaikoituksen hinta voi vaihdella välillä 3 000-10 000 €/autopaikka ja kallioluola pysäköinti välillä 55 000-125 000 €/autopaikka.

Pysäköintiratkaisun valinnalla voi olla myös epäsuoria kustannusvaikutuksia. Maantasopysäköinti tai maan päälle tuleva pysäköintitalo saattaa aiheuttaa tontin rakennusoikeuden käyttöasteen heikkenemisen. Tämä tarkoittaa sitä, että kate, joka olisi saatu rakentamalla ja myymällä tai vuokraamalla rakennusoikeus, jää saamatta. Valittaessa taloudellisesti kannattavinta pysäköintiratkaisua tulee vertailla kuinka paljon rakennusoikeutta voidaan jättää käyttämättä ennen kuin pysäköinti maan alle tulee taloudellisesti yhtä kannattavaksi kuin pysäköintipaikkojen toteuttaminen maantasoon. (Sainio 2015.)

Kaikkia valittuja rakenneratkaisuja tulee arvioida eri näkökulmista. Ratkaisujen toteutuskustannusten lisäksi valintoja ohjaa ratkaisujen kustannusten suhde myyntihintaan. On tarkasteltava onko valittu suunnitteluratkaisu tuottava verrattuna sen aiheuttamiin kustannuksiin. Pitkäsen (2009) mukaan suunnitteluratkaisut, jotka nostavat laatutasoa, kuten kalliit pintamateriaalit, vaikuttavat usein myyntihintojen nousuun. Myyntihintojen nousua ei voida selittää pelkästään toteutuskustannusten nousulla. Toteutuskustannuslisäys jää rakennuttajan osalta todennäköisesti huomattavasti pienemmäksi kuin asunnon myyntihintaan siirtyvä lisäys. Esimerkin mukaan seinä-, katto- ja lattiapintojen, keittiökalusteiden, vaatekaappien ja parvekkeiden lasituksen aiheuttaman laatutason nosto aiheuttaa rakennuttajalle keskimäärin 50 €/asm<sup>2</sup> kustannuslisäyksen. Suunnitteluratkaisun taloudellista kannattavuutta tarkasteltaessa on tärkeää arvioida, ovatko asunnon ostajat valmiita maksamaan laatutason nostosta aiheutuvista lisäkustannuksista, vai karsiiko valittu ratkaisu potentiaalisia asiakkaita ja vaikeuttaa asunnon myyntiä.

### 2.3 Määräysten ja kaavoituksen vaikutus kustannuksiin

Rakentamista säädellään pääasiassa maankäyttö- ja rakennuslailla sekä useilla asetuksilla ja määräyksillä. Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on ohjata rakentamista siten, että sillä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään taloudellista, ekologista, sosiaalista ja kulttuurillista kehitystä. Lain tavoitteena on myös turvata suunnittelun laatu, asiantuntemuksen monipuolisuus, avoin tiedottaminen sekä jokaisen osallistumismahdollisuus rakentamista koskevien asioiden valmisteluun. (MRL 2000.)

Kaavoitusta säädellään maankäyttö- ja rakennuslailla, rakentamismääräyskokoelmalla sekä useilla erityislaeilla (Sainio 2015). Asemakaavoituksen tarkoituksena on muun muassa ohjata rakentamista ja muuta maankäyttöä paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan sekä hyvän rakentamistavan edellyttämällä tavalla (MRL 2000). On kuitenkin huomattava, että muun muassa energiatehokkuuteen, väestönsuojiiin ja esteettömyyteen liittyvät määräykset vaikuttavat merkittävästi kustannuksiin ilman, että rakennuttaja pystyy niihin juurikaan vaikuttamaan. Edellä mainituista esteettömyysvaatimukset sekä väestönsuojiiin liittyvät vaatimukset eivät ole kaavamääräyksiä, vaan niistä säädetään rakentamismääräyskokoelmassa. Lisäksi kaupungit ja kunnat säätelevät asettamillaan määräyksillä ja kaavoituksella maankäyttöä ja rakentamista. Esimerkiksi kaavamääräyksessä voidaan velvoittaa asukkaille järjestettäväksi harraste-, kokoontumis- ja yhteisiloja vähintään 1,5 prosenttia tontille osoitetusta kerrosalasta (Pitkänen 2009).

Kaavamääräysten vaikutuksesta kustannuksiin ja hintaan RAKLI ry:n (Sainio 2015) tekemän selvityksen mukaan eniten vaikutusta on:

- pysäköintiin,
- esteettömyyteen,
- yhteistiloihin,
- kerrosten lukumäärään,
- rakennuksen massoitteeluun ja muotoon,
- liiketiloihin,
- perustusolosuhteisiin,
- kattomuotoon ja katemateriaaliin,
- julkisivumateriaaliin,
- korttelitehokkuuteen,
- energiamääräyksiin,
- asuntojen keskikokoon ja
- parvekemääräyksiin liittyvillä määräyksillä tai vastaavilla.

Samoja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä mainitsee myös Pitkänen (2009) Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkasteluja tutkimuksessaan. Lisäksi hän mainitsee erkkereiden sekä porrashuoneiden koon vaikutuksen kustannuksiin.

Viranomaisvaatimukset vaikuttavat rakennuksen teknisiin ominaisuuksiin ja liittyvät läheinnä turvallisen ja esteettömän asumisen takaamiseen. Esimerkiksi esteettömyyden aiheuttamat lisäkustannukset ovat 37-75 €/kem<sup>2</sup>, riippuen asuinhuoneiston koosta. Esteettömyyden aiheuttamat lisäkustannukset ovat kääntäen verrannollisia asunnon huoneiston kokoon nähden. Toisin sanoen mitä pienempi huoneisto on, sitä suuremmat ovat lisäkustannukset asm<sup>2</sup>:ä kohden (Sainio 2015).

Lisäksi EU:n asettaman direktiivin mukaan kaikkien uusien asuinrakennusten tulee olla lähes nollaenergiataloja vuoden 2021 alusta lähtien (Rakennusteollisuus 2016). Direktiivin täyttämistä aiheuttavia kustannusvaikutuksia ei vielä voida arvioida, mutta RAKLI ry:n tekemän selvityksessä aurinkopaneelien asentamisesta syntyvän lisäkustannuksen arvioidaan olevan +5 €/k-m<sup>2</sup>. (Sainio 2015.)

Määräysten vaikutusta asunnon myyntihintaan on tutkittu useissa lähteissä. RAKLI ry:n selvityksessä esimerkkikohteen määräysten tuoma kustannuslisäys on 602 €/asm<sup>2</sup>, kun taas Seppo Mölsän artikkelin mukaisen esimerkkikohteen määräyksistä aiheutuva rakennuskustannuslisäys on 1250 €/asm<sup>2</sup> (Mölsä 2013; Sainio 2015). Ympäristöministeriön ja RAKLI ry:n tekemän selvityksen mukaan väljemmillä rakennus- ja asemakaavamääräyksillä saataisiin enemmän tilaa vaihtoehtoisille suunnitteluratkaisuille ja näin voitaisiin saavuttaa taloudellisesti kannattavampi lopputulos (RAKLI 2016).

### **3. SUUNNITTELUN OHJAUS JA KUSTANNUS-SUUNNITTELU**

Talonrakennushankkeet ovat tänä päivänä usein liiketoimintalähtöisiä. Hankkeen tilaaja haluaa löytää kehittämilleen tiloille käyttäjän, jonka jälkeen hanke voidaan myydä eteenpäin sijoittajalle. Kun tiloille on löytynyt sijoittaja ja tilojen varausaste ylittää asetetun tavoitetasen, käynnistetään hanke nopealla aikataululla. Hankkeeseen sijoitetun pääoman tulee alkaa tuottaa mahdollisimman pian. (Raunama 2015.)

#### **3.1 Suunnittelunohjaus ja suunnittelutehokkuus**

Suunnitteluratkaisuilla on merkittävä vaikutus hankkeen taloudelliseen onnistumiseen. Ratkaisujen valintaan ja niistä aiheutuvien kustannusten suuruuteen voidaan vaikuttaa ohjelmointi- ja suunnitteluvaiheissa suunnittelun ohjauksella, jonka tehtävänä on varmistaa hankkeen tarkoituksenmukainen ja taloudellinen lopputulos. Lindholmin (2009) mukaan suunnittelun ohjaus on tulosjohtamista, joka sisältää realistisen kustannustavoitteen asettamisen hankkeelle hankesuunnitteluvaiheessa ja suunnitteluvaiheessa rakennusosalaskennan avulla tehtävää kustannustavoitteiden valvontaa. Toisin sanoen suunnittelun ohjaamisella pyritään varmistamaan hankkeelle asetettujen tavoitteiden saavuttaminen mahdollisimman pienin kustannuksin. Hankkeen ja suunnitelmien taloudellisuutta ohjaamalla ei ole tarkoitus pyrkiä tilojen vähimmäismitoitukseen, toimintojen karsimiseen tai laatutason alentamiseen, vaan tavoitteen mukaiseen lopputulokseen tarkoituksenmukaisella hinnalla. (Haahtela 2015, s.35-36; Särkilahti 1994.)

Suunnittelun ohjauksessa tilaaja ja suunnittelijat toimivat yhteistyössä asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Yhteistyöllä pyritään löytämään suunnitteluratkaisuja, jotka ovat vähintään ohjelmointivaiheessa asetetun tavoitteen mukaisia niin laadultaan kuin kustannuksiltaan. (Lindholm 2009, s.8-9)

Omaperustaisessa asuntotuotannossa tilaajana ja rakennuttajana on rakennusliike, joten myös suunnittelun ohjaus kuuluu rakennusliikkeen tehtäviin. Suunnittelun ohjauksesta vastaa hankkeeseen nimetty pääsuunnittelija. Perustajaurakoinnissa pääsuunnittelija on usein projektipäällikkö tai hankkeen arkkitehtisuunnittelusta vastaava suunnittelija (RT 10-11107).

Suunnittelun ohjauksessa hyödynnetään tehtäväluetteloiden lisäksi yrityksen sisäistä materiaalia. Muun muassa hankekohtaiset hanke- ja tilaohjelmat, rakennetyypit, omat konseptit ja kalustevalinnat ohjaavat suunnittelua. Omaperustaisessa tuotannossa suunnittelulle asetetaan usein rajoitteita tai ohjeistuksia koskien esimerkiksi perustamistapaa tai

runkorakennetta. Tällä varmistetaan eri alojen suunnittelijoiden ymmärrys hankkeen tavoitteista ja suunnitelmien kustannusten pysyminen tavoitteen mukaisena.

Kaavamääräyksistä ja pohjaolosuhteista johtuen jokaisen hankkeen suunnittelu on erilaista. Omaperustaisessa rakentamisessa voidaan kuitenkin vaikuttaa kustannuksiin ohjaamalla suunnittelua määräysten asettamien rajojen puitteissa. Suunnitteluratkaisuja vertaamalla ja valitsemalla niistä tavoitteen mukainen, laatu-hintasuhteeltaan edullisin vaihtoehto, voidaan kustannuksia pienentää huomattavasti. Kuten aiemmin on todettu, kustannukset kertyvät hankkeen rakentamisvaiheessa, mutta määräytyvät hankkeen suunnitteluvaiheissa. Suunnittelunohjaukseen panostaminen maksaa itsensä helposti takaisin, kun rakentamisvaiheessa mahdollisesti syntyviä ongelmia on osattu ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheissa.

### **Suunnittelutehokkuus**

Suunnittelua ohjataan rakennushankkeissa laskemalla erilaisia tunnuslukuja. Tunnuslukujen avulla ohjataan muun muassa arkkitehtejä luomaan tehokkaita pohjaratkaisuja sekä rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelijoita suunnittelemaan kustannuksiltaan taloudellisia ja toteutuskelpoisia ratkaisuja.

Suurin osa suunnitteluratkaisujen kustannuseroista johtuu tehokkuuseroista sekä rakennusosien määrällisistä eroista (Kahri & Pyykkönen 1984). Suunnitteluratkaisujen väliset kustannuserot muodostuvat pienistä tekijöistä, joilla voi olla suurikin kokonaisvaikutus. Tästä syystä suunnitteluratkaisujen taloudellisen kannattavuuden vertailu on tärkeää.

Suunnitteluratkaisujen taloudellista kannattavuutta voidaan arvioida suunnittelutehokkuuden avulla. Tehokkuuden ja kannattavuuden ilmaisemiseksi on olemassa tunnuslukuja ja erilaisia laskelmia. Suunnittelutehokkuutta voidaan ilmaista esimerkiksi seuraavilla tunnusluvuilla

- Rakennusoikeuden käyttötehokkuus ( $\text{kem}^2/\text{htm}^2$ )
- Huoneistoalatehokkuus ( $\text{brm}^2/\text{htm}^2$ )
- Ohjelma-alatehokkuus ( $\text{brm}^2/\text{ohm}^2$ )
- Porrassyöttötehokkuus ( $\text{asm}^2/\text{porrastaso}$ )
- Ulkoseinämäärä ( $\text{jm}/\text{brm}^2$ ) (Eloranta 2014).

Rakennusoikeuden käyttötehokkuus on hyvä, kun tehokkuusluku ylittää arvon 0,85 (Walden 2015). Lisäksi kannattavuutta voidaan arvioida hankkeen asuntojen keskipinta-alan sekä eri rakennusosien suhteellisista määristä aiheutuvien hankintahintojen suhteella asuinpinta-aloihin (Pitkänen 2009).

Hankkeesta laskettuja tunnuslukuja tulee verrata vertailutasoa vastaavan rakennustyyppin mukaisiin tunnuslukuihin. Vertailun on perustuttava yleisesti tunnettuihin ohjearvoihin

tai yrityksen aiempien hankkeiden toteumatiedoista laskettuihin tunnuslukuihin. (Enko-vaara et al. 2006, s.108-110.)

### 3.2 Kustannustavoite

Hankkeelle on määritettävä hankesuunnitteluvaiheessa tavoitehinta eli kustannustavoite, joka mahdollistaa kustannussuunnittelun ja -ohjauksen. Hankesuunnittelussa kuvataan hankkeen laajuus, laatutavoitteet, aikataulu ja sijainti.

Tarveselvitysvaiheessa syntyneen hankepäätöksen jälkeen pääpaino on hankkeen sisällön määrittämisessä. Hankkeen sisällön määrittämisellä tarkoitetaan päättämistä hankkeen tilojen laajuudesta ja laatutasosta. Sisällön määrittämisen pohjalta muodostetaan tilaohjelma. Tilaohjelma on tilaluettelo, jossa myös laatutavoitteet on esitetty. Erityisen tärkeää hankesuunnitteluvaiheessa on asettaa rakennushankkeen sisällölle selkeät tavoitteet. (Lindholm 2009, s.11-15)

Kun hankkeen tilojen jakauma ja tehokkuus on tilaajan ja pääsuunnittelijan yhteistyöllä saatu tyydyttävälle tasolle, voidaan tilaohjelman perusteella laskea hankkeen kustannusarvio. Kustannusarvion määrittämiseksi käytetään useita eri menetelmiä joissa hyödynnetään tilojen ominaisuuksiin pohjautuvia kustannustietoja. Lindholmin (2009) mukaan kustannusarvio syntyy yksinkertaisimmillaan tilojen määrän ja hintatietojen tulona.

Mikäli kustannusarvio on liian kallis, muutetaan tilaohjelmaa ja tilojen ominaisuuksia niin, että kustannusarvio saadaan hyväksyttävälle tasolle. Kun hyväksyttävä ratkaisu tilojen ominaisuuksien ja kustannusarvion välille on löydetty, kustannusarvio asetetaan hankkeen kustannustavoitteeksi eli tavoitehinnaksi. (Ashworth 1994, s.200-206; Kirkham 2015, s.8-9; Lindholm 2009, s.12.) Kustannustavoitteen määrittämiseksi on olemassa useita eri menetelmiä, muun muassa tavoitehintamenettely (Target Costing), viitekohdemenettely, erokustannusmenettely, tilastomenettely, rakennusosa-arvio menettely ja suoritteopohjainen kustannusarviolaskenta (Lindholm 2009, s.13-14; Pennanen 2012; Salla 2012, s.5-8).

Tavoitehintamenettely pohjautuu 1980-luvulta asti rakennusalalla käytössä olleeseen Target Costing- kustannushallintaan. Perinteisessä kustannuslaskennassa tuotteen hinta perustuu suunnitelmista mitattuihin määriin, niiden hinnoitteluun sekä tuotteelle lisättyyn tuottajan katteeseen. Target Costing- kustannushallinnassa hinnoitteluperusteena käytetään suunnittelun kriteereitä, eli asiakkaan tuotteelta haluamia ominaisuuksia. Koska Target Cost määritellään ennen suunnitelmien valmistumista, tuotteelle määritetyn hinnan tulee perustua tuotteen toiminnollisuuteen, markkinoiden hintatasoon sekä asiakkaan halukkuuteen maksaa tuotteen ominaisuuksista. Tavoitehintaan suunnittelulla pyritään tuottamaan mahdollisimman paljon arvoa asiakkaalle mahdollisimman pienin kustannuksin. Tavoitehintaa sisältää kustannusten lisäksi tuottotavoitteen, joten asiakkaiden rakennukselle asettamalla vaatimuksilla on vaikutusta rakennuksen markkinahintaan ja sitä kautta

saatavan tuoton suuruuteen (Ballard & Reiser 2004). Mikäli kustannusarvio suunnittelu- vaiheessa ylittää Target Cost'in, on virhe suunnitelmissa eikä Target Cost'ssa. Suunnitelmia tulee kehittää niin, ettei Target Cost ylitä säilyttäen kuitenkin ratkaisuilta halutut ominaisuudet. (Pennanen 2012; Pennanen & Ballard 2008)

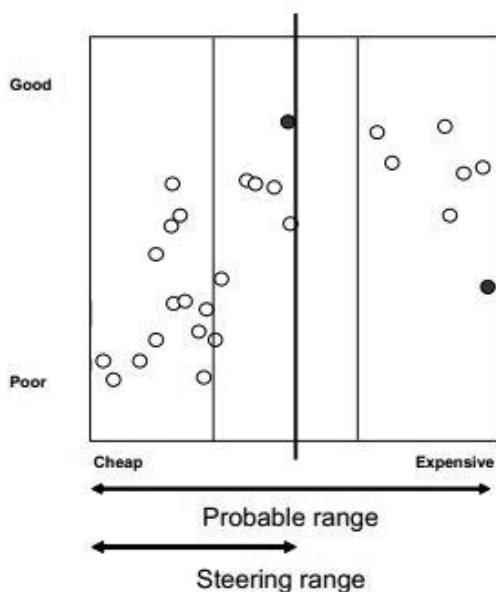
Tavoitehinnan laskeminen perustuu hankesuunnittelussa tehtyyn tilaohjelmaan (Lindholm 2009, s.11). Tilaohjelma voi olla myös luonnospiirustus, johon kohteen tilat on jaettu karkealla tasolla (Salla 2012). Lindholmin (2009) mukaan laskenta perustuu siihen, että kaikki rakennukset koostuvat tiloista ja niiden hinnoista. Sen lisäksi laskennan apuna käytetään niin sanottuja tila- ja hanketekijöitä. Eri tila- ja hanketekijöitä voivat tilojen lisäksi olla

- huonekorkeus
- sisäpuoliset pinnat
- kaluste- ja varustetaso
- suunnitteluratkaisu (monimuotoisuus, koettavuus, kalleus)
- rakennuksen vaippa
- hankekoko (yksittäinen vai alue)
- liittymismaksut
- talotekniikka
- pohjaolosuhteet
- rakennettu tonttialue. (Lindholm 2009, s.14)

Tavoitehinta täsmentyy sen mukaan, ovatko tila- ja hanketekijöille asetetut vaatimukset ratkaisuiltaan tavanomaisia, vai sitä kalliimpia tai halvempia. Tavoitehintaa tulisi asettaa sellaiseksi, että se antaa suunnitteluvaiheen ratkaisuille riittävästi, muttei liian suurta liikkumavaraa kustannusten osalta. Pieni liikkumavara kustannusten osalta jättää tilaa normaalille tuotekehittelylle ja arkkitehtonisille näkökulmille sekä hankkeeseen sisältyville suunnitelmaerikoisuuksille eikä rakennussuunnittelua rajoiteta aina perinteisiin ja halvimpiin ratkaisuihin (Salla 2012, s.7). Tavoitehinnan tulee kustannusten osalta olla realistinen, jotta hankkeen taloudellinen tavoite on saavutettavissa. (Lindholm 2009, s.15)

Tavoitehintamenetelmän toisena tavoitteena on tuoda lisäarvoa asiakkaalle. Pennanen ja Ballardin (2008) tutkimuksen mukaan asiakkaan näkökulmasta arvoa tuottavien ratkaisujen tunnistaminen on tärkeää, jotta suunnitteluratkaisut palvelevat asiakkaan tavoitteita mahdollisimman tehokkaasti.

Pennanen et al. (2011) mukaan parasta laatua ei saavuteta aina kalleimmilla suunnitelmissa. Kustannuksia kasvattavat suunnitteluratkaisut eivät siis aina tuota parasta arvoa asiakkaan eivätkä rakennusyrityksenäkään näkökulmasta. Havainnollistaakseen väittämää, Pennanen et al. (2011) kuvaa arkkitehtonisen laadun ja sillä saavutettavan arvon sekä suunnitteluratkaisujen kustannusten välistä riippuvuutta kuvan 7 avulla.



**Kuva 7.** Laadun ja kustannusten riippuvuus (Pennanen et al. 2011)

Kuvasta 7 havaitaan, että saman kohteen suunnitteluratkaisujen välillä saattaa olla huomattavia kustannus- ja laatueroja. Kustannusten lisäys ei siis välttämättä lisää ratkaisulla saatavaa arvoa.

Viitekohdemenettely perustuu aiemmin rakennetun samanlaisen kohteen toteutuneisiin kustannuksiin jotka asetetaan joko suoraan tai päivitettyinä uuden kohteen kustannustavoitteeksi. Viitekohdemenettelyssä on tärkeää, että valittu viitekohde on onnistunut taloudellisesti ja toteutettu hyvin. Huonosti toteutettu viitekohde asettaa väärät ja turhan kalliit tavoitteet uudelle hankkeelle. (Lindholm 2009, s.14)

Erokustannusmenettelyn käyttö perustuu aiemmin toteutetun hankkeen kustannustietojen hyödyntämiseen. Menettelyssä uuden kohteen kustannustavoite määritellään aiemmin toteutetun hankkeen tietojen ja laskelmien avulla. Koska vanha ja uusi kohde ovat harvoin aivan samanlaisia, menettelyllä tunnistetaan hankkeiden tai laskennan erot ja käytetään tietoa kustannustavoitteen asettamisessa. (Lindholm 2009, s.15)

Tilastomenettelyssä laskettavan kohteen kustannusarvio laaditaan useiden toteutuneiden kohteiden hintatietojen perusteella. Menettelyn heikkoutena on tilastojen hintatietojen heikohko luotettavuus. Tämän vuoksi luotettavan kustannusarvion luomiseksi tulisi käytössä olla todella kattavat tilastot vanhoista kohteista. (Lindholm 2009, s.15)

Tavoitehintaa tulisi päivittää aina hankkeen tavoitteita muutettaessa, jotta voidaan laskea hankkeelle luotettava kustannustavoite (Lindholm 2009, s.15). Kuten luvussa 2.3.2 todettiin, hankkeen aikataululla ja rakentamisajankohdalla on vaikutusta hankkeen kustannuksiin. Rakentamisessa suhdanteet ja markkinatilanne vaikuttavat merkittävästi rakennustyön, materiaalien ja urakoiden tarjoushintaan. Kustannustavoite saadaan korjattua toteutamisajankohdan mukaiseksi rakennuskustannusindeksin avulla. Suhdanteiden vaikutus



rakennuskustannuksiin voi olla useita kymmeniä prosentteja, joten asia on merkityksellinen. (Salla 2012)

### 3.3 Kustannussuunnitteluprosessi

Määrälaskijat käyttävät kustannussuunnittelussa samanaikaisesti useita eri menetelmiä ja tekniikoita, minkä vuoksi kustannussuunnittelun määrittelemisen yksiselitteisesti on vaikeaa. Perinteisesti kustannussuunnittelu alkaa hankesuunnitteluvaiheessa kustannusten ennakkointina sekä tavoitehinta-arvion asettamisena ja jatkuu rakennesuunnitteluvaiheessa suunnitelmien taloudellisuuden vertailemisena (Kirkham 2015, s. 7). Kirkhamin (2015) mukaan kustannussuunnittelun tavoitteet voidaan määrittää seuraavasti:

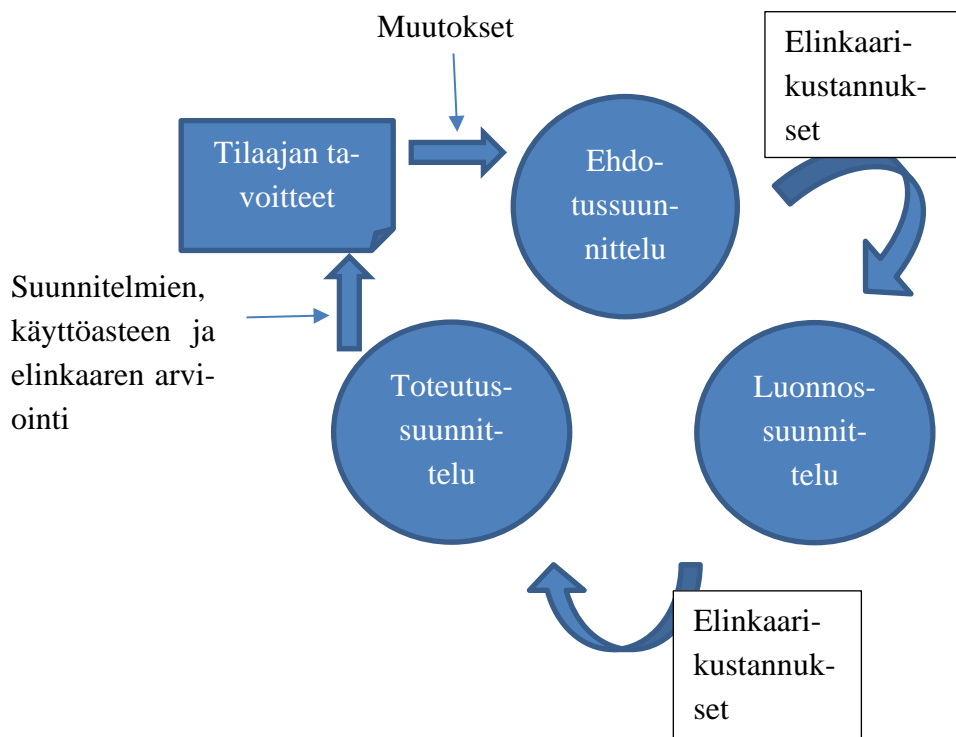
1. Varmista, että kustannusarvio on lähellä tavoitearvion mukaista tasoa tai että kaikki poikkeamat tavoitearviosta otetaan hyvissä ajoin tarkasteluun.
2. Varmista, että projektin käytettävissä olevat rahat käytetään tehokkaasti ja taloudellisesti.
3. Varmista, että arvioidut määrät mitataan ja hinnoitellaan
4. Varmista, että asetetulla kustannustasolla saavutetaan paras mahdollinen arvo.

Kustannussuunnittelu voidaan kuvata kolmivaiheisena prosessina (Ashworth 1994, s.200; Kirkham 2015, s.23). Ensimmäisessä vaiheessa, joka tehdään tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa eli ohjelmavaiheessa, hankkeelle asetetaan tavoitteet ja määrätään alustava budjetti. Asetetut tavoitteet määrittävät hankkeen kustannustavoitteen. Ohjelmavaiheessa on tärkeää tunnistaa asetettujen tavoitteiden kustannusvaikutukset, sillä tässä vaiheessa kustannuksiin on mahdollista vaikuttaa kaikkein eniten (Ashworth 1994, s.200; Lindholm 2009, s.10).

Toisessa vaiheessa keskitytään suunnitteluprosessin ohjaamiseen ja vaikutetaan suunnitteluratkaisujen valintaan (Ashworth 1994, s.200; Kirkham 2015, s.24-26). Tarkoituksena on löytää ne suunnitteluratkaisut, joiden avulla ohjelmavaiheessa asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa. Ensimmäinen ratkaisu on harvoin paras, joten suunnitelmia joudutaan kehittämään tilaajan ja suunnittelijoiden yhteistyöllä. Pääsuunnittelijan johtama suunnittelun ohjaus on tärkeää, jotta suunnitelmat saadaan sisällöltään ja kustannuksiltaan vastaamaan asetettuja tavoitteita. Asetettuihin tavoitteisiin nähden kalliit ja epätarkoituksenmukaiset ratkaisut lisäävät usein merkittävästi hankkeen kustannuksia. (Lindholm 2009, s.10.)

Kolmannessa vaiheessa valvotaan, että valitut ratkaisut pystytään toteuttamaan budjetin antamissa taloudellisissa raameissa (Ashworth 1994, s.200; Kirkham 2015, s.26). Lindberg et al. (2016) ja Lindholm (2009) nimeävät kolmannen vaiheen toteutus eli tuotantovaiheeksi. Siinä rakentamisen hintoihin voidaan vaikuttaa keskittymällä hankintaratkaisuihin. Tuotantovaiheessa kustannuksia muodostuu resurssien käytöstä ja hinnoista, ja niihin voidaan vaikuttaa tuotantoratkaisuilla sekä työmenetelmien valinnalla (Lindholm

2009, s.10). Tuotantoratkaisut ja työmenetelmät valikoituvat sen mukaan millaisia suunnitteluratkaisuja hankkeessa on. Vaativat suunnitteluratkaisut nostavat resurssien hintoja sekä karsivat kilpailua urakoista. Kustannussuunnitteluprosessi on esitetty kuvassa 8.



**Kuva 8.** Kustannussuunnittelun vaiheet (Kirkham 2015, mukaillen).

Mikäli hankkeen tavoitteiden asettaminen on ollut epärealistista tai valitut suunnitteluratkaisut osoittautuvat taloudellisesti huonoiksi, on hankkeen kustannussuunnittelussa epäonnistuttu. Huolellisella kustannussuunnittelulla onkin erittäin suuri merkitys hankkeen taloudelliselle onnistumiselle. Kustannussuunnittelulla pyritään estämään tarpeettomien kustannusten syntyminen sekä pitämään hankkeesta syntyvät kustannukset maltillisina, asetetun tavoitteen mukaisina. Kustannuksia ei kuitenkaan voi itsessään ohjata, vaan ohjauksen on kohdistuttava tavoitteiden asettamiseen ja suunnitteluratkaisujen valintaan. (Kankainen & Junnonen 2015, s.41-43.)

Jotta kustannussuunnittelulla saavutettaisiin paras mahdollinen taloudellinen tulos, on suunnittelua ohjattava aktiivisesti tavoitetta kohden. Suunnitteluratkaisujen aiheuttamia kustannuksia tulee jatkuvasti arvioida ja mikäli ratkaisut ovat liian kalliita, tulee suunnittelijoille antaa tietoa kustannuksista. Tällä varmistetaan suunnittelijoiden kustannustietouden lisääntyminen ja mahdollisesti kustannustavoitteen mukaisten suunnitelmien syntyminen. Suunnitelmien rakennuskustannuksien selvittämiseksi suoritetaan rakennusosalaskentaa, jossa suunnitelmista lasketut määrät hinnoitellaan yksikköhinnoilla (Lindholm 2009, s.15)

### 3.4 Suunnitelmien kustannusten arviointi ja vertailu

Suunnitelmien rakennuskustannusten arvioinnissa selvitetään kohteen suunnitelmien mukaiset rakennuskustannukset. Arviointia tehdään määrälaskennan, määrerien hinnoittelun ja muiden hanketekijöiden laskennan keinoin. Kun suunnitelmien mukaiset rakennuskustannukset on laskettu, saadaan kohteelle asetettua kustannusarvio. Hankesuunnitteluvaiheessa hankkeelle määritetään tavoitteet muun muassa kohteen tiloille ja niiden laatutasolle. Nämä tavoitteet toimivat ohjeina suunnittelijoille, joiden tehtävänä on suunnitteluvaiheessa valita sellaiset ratkaisut joilla tavoitteet saavutetaan. Arkkitehtonisen sekä rakenne- ja taloteknisen suunnittelun lisäksi hankkeessa on tehtävä kustannussuunnittelua. Kustannussuunnittelun tarkoitus on muuttaa hankeohjelmassa asetettujen tilojen ja toimintojen vaatimukset kustannustavoitteiksi, selvittää suunnitteluratkaisujen mukaiset kustannukset sekä kehittää suunnitelmien taloudellisuutta (Lindholm 2009, s.15).

Suunnitteluratkaisujen vertailulaskelmilla pyritään löytämään taloudellisimmat ratkaisut jotka lisäävät myös yrityksen kilpailukykyä. Vertailulaskelmien avulla etsitään suunnitteluvaiheessa edullisia ja vaatimukset täyttäviä suunnitteluratkaisuja. Suunnitteluvaiheen vertailulaskelmat koskevat rakennuksen muodon ja runkoratkaisujen sekä vaihtoehtoisten rakennusosien ja tarvikkeiden kustannuserojen määrittämistä. Suunnitteluvaiheessa käytettäviä menetelmiä vertailulaskennassa ovat tilalaskenta, tuoteosalaskenta, rakennusosalaskenta tai suoritelaskenta. Käytettävä laskentamenetelmä valikoituu yrityksen käytännön mukaan. (Enkovaara et al. 2006, s.108-109)

Rakennuksen muodolla ja runkoratkaisuilla on suuri merkitys kohteen rakennusosien määrään. Kohteen muotoon liittyvillä vertailulaskelmilla selvitetään rakennusosien määrät. Määrien selvittämisen jälkeen saadaan selville edullisin rakennuksen muotoa koskeva suunnitteluratkaisu. Eri suunnitteluratkaisujen määräerojen vaikutus rakennuskustannuksiin saadaan selville hinnoittelemalla rakennusosamäärät. Erilaiset runkoratkaisut vaikuttavat runkorakenteiden määriin ja sisältöön sekä mahdollisesti myös muiden rakennusosien määriin ja sisältöön. Runkoratkaisujen väliset kustannuserot ja niiden aiheuttamat muutokset muiden rakennusosien määrissä ja kustannuksissa on aina huomioitava vertailulaskelmia tehtäessä. Kohteen muotoon ja runkoratkaisuun liittyvissä laskelmissa on rakennuskustannusten lisäksi aina huomioitava ratkaisujen vaikutus työmaatekniikan kustannuksiin. (Enkovaara et al. 2006, s.110)

Vertailulaskelmien avulla voidaan perustella valittavat ratkaisut, jolloin päätöksen teko ei pohjaudu vain aikaisempaan kokemukseen tai ammattitaitoon. Vertailulaskelmat eivät kuitenkaan saa muodostua itsetarkoitukseksi, vaan niiden on tarkoitus toimia osana päätöksentekoa. Tämä johtuu siitä, että vertailulaskelmat sisältävät vain selvästi mitattavissa olevat suureet. Vaihtoehtojen valintaan vaikuttaa aina kuitenkin harkinnanvaraiset tekijät, joita ei voida mitata selvillä mittayksiköillä. Harkinnanvaraiset tekijät eivät välttämättä ole merkittävyydeltään vähäisiä, vaan ne saattavat vaikuttaa päätöksentekoprosessiin

enemmän kuin tehdyt vertailulaskelmat. Vertailulaskelmat eivät ratkaise kokonaan ongelmaa, mutta niillä voidaan pienentää harkinnanvaraisten tekijöiden määrää päätöksen teossa. (Enkovaara et al. 2006, s.108-109.)

Kohteen suunnitelmista lasketut määrätiedot muodostavat kaikkien kustannuslaskentamenetelmien pohjatiedot. Määrälaskennassa suunnitelmien ja asiakirjojen tiedot muutetaan kustannuslaskentamenetelmän edellyttämiksi määränimikkeiksi käytössä olevan nimikkeistön mukaan. Määrälaskentaohjeen mittaussääntöjä noudattaen saadaan kohteen osien teoreettiset määrät laskettua. Osat hinnoitellaan rakennusosittain määrittämällä rakennusosan tekemiseksi vaadittavat määrät työlle, materiaaleille sekä alihankinnoille. (Lindholm 2009, s.26.)

Kohdeyrityksessä käytetään kustannuslaskennassa Talo-80 rakentamisosanimikkeistöä, jonka pääryhmät ovat Talo-80-määrälaskentaohjeen (Talo-80 -ryhmä 1982) mukaan seuraavat:

- Pääryhmä 0: Rakennuttajan kustannukset
- Pääryhmä 1: Maa- ja pohjarakennus
- Pääryhmä 2: Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet
- Pääryhmä 3: Runko- ja vesikattorakenteet
- Pääryhmä 4: Täydentävät rakenteet
- Pääryhmä 5: Pintarakenteet
- Pääryhmä 6: Kalusteet, varusteet ja laitteet
- Pääryhmä 7: Konetekniset työt
- Pääryhmä 8: Työmaan käyttökustannukset
- Pääryhmä 9: Työmaan yhteiskustannukset

Seuraavissa alaluvuissa esitellään lyhyesti vertailulaskelmissa käytettävät menetelmät tila-, tuoteosa-, rakennusosa- ja suoritelaskenta. Tutkimuksen kannalta merkittävimmät menetelmät ovat rakennusosa- ja suoritelaskenta.

### 3.4.1 Tilalaskenta

Tilalaskenta on menetelmä, jossa kohteen hankekustannuksille määritetään kustannuspuite tilaohjelman, laatutavoitteiden ja olosuhdetekijöiden perusteella. Tilalaskentaa käytetään yleensä hankesuunnitteluvaiheessa tilaluettelon mukaisille tiloille. Tilalaskelmassa tilaa koskevat tilan pintarakenteiden ja kalusteiden kustannukset on eroteltava muista rakennuskustannuksista. Tilan rakennusosien ja kokoluokan avulla voidaan määrittää eri tilatyyppeiden väliset yksikkökustannuserot. Muiden rakennuskustannusten vaikutus tiloihin jaetaan tilan pinta-alayksikköä kohden rakennusosien suhteellisiin määriin ja rakennusosien yksikkökustannuksiin pohjautuen. Hankesuunnitteluvaiheessa tehtävän tilalaskennan perusteella voidaan muodostaa hankkeen tavoitehinta. (Enkovaara et al. 2006, s.85-87; Lindholm 2009, s.11-12)

### 3.4.2 Tuoteosalaskenta

Tuoteosalaskennassa määräluettelon rakennusosat on yhdistetty tuoteosiksi, jotka muodostuvat useammasta rakennusosasta tai suoritteesta. Suunnitteluvaiheessa tuoteosalaskentamalli sisältää kohteen tilojen tuoteosien, tiloista riippumattomien tuoteosien, rakennuksen muodon ja olosuhteiden tarkastelun erillisinä kokonaisuuksina. Tuoteosalaskentamallissa tilan tuoteosa voi käsittää tilan pintarakenteet, kalusteet, varusteet, laitteet, täydentävät rakennusosat ja talotekniikkaosat. Runko ja julkisivujen sekä muiden tuoteosien kustannukset lasketaan kohteen pinta-alojen perusteella saatavan laajuuden avulla. Tuoteosien määrät saadaan suhteellisten määrien avulla. Suhteelliset määrät ilmoitetaan yksikön suhteena laajuusyksikköön. Tuoteosien yksikköhinnat lasketaan tuoteosiin kuuluvien rakennusosien tai suoritteiden yksikkökustannusten avulla. (Enkovaara et al. 2006, s.80-81)

### 3.4.3 Rakennusosalaskenta

Rakennusosalaskennassa rakennuskustannukset lasketaan määräluettelosta lasketuille rakennusosille. Rakennusosien kustannusten määrittämiseksi käytetään valmiiksi määritettyjä rakennusosien keskimääräisiä hintoja. Hinnat rakennusosille saadaan yrityksen tai käytetyn laskentaohjelmiston tiedostoista. (Lindholm 2009, s.16)

Rakennusosalaskennalla rakennusosille saadaan laskettua kohdekohtaiset tunnusluvut, joiden avulla voidaan kohteen rakennusosien kustannuksia vertailla muiden hankkeiden rakennusosalaskennan tuottamiin tunnuslukuihin. (Lindholm 2009, s.16)

Haasteita rakennusosalaskentaan aiheutuu määrälaskennasta. Ehdotus- ja luonnosvaiheessa kohteen kaikki määrät eivät ole vielä tiedossa, vaan osa määristä joudutaan arvioimaan esimerkiksi mallinnuksen tai ammatillisen arvion perusteella. Suunnitteluvaiheen edetessä toteutussuunnitteluun määrälaskennan tarkkuus paranee ja kustannusarviosta tulee tarkempi. (Lindholm 2009, s.16)

Sen jälkeen, kun kohteen rakennusosien määrä on selvitetty, hinnoitellaan kukin rakennusosa yksikköhinnoin. Kaikkien määrien hinnoittelun tuloksena saadaan kohteelle suunnitelmien mukaiset rakennuskustannukset. Suunnitelmien mukaisiin rakennuskustannuksiin lisätään vielä hankkeen muut kustannukset, kuten muun muassa suunnittelun ja rakennuttamisen kustannukset, tontin hinta, rahoituksen ja markkinoinnin kustannukset. Rakennusosalaskennasta on hyötyä suunnittelunohjauksessa, kun arvioidaan suunnitteluratkaisujen taloudellisuutta sekä vertaillaan eri ratkaisujen kustannuksia vaihtoehtolaskelelmilla ja kun määritetään omakustannushintaa. (Lindholm 2009, s.16-17; Enkovaara et al. 2006, s.74-78)

### **3.4.4 Suoritelaskenta**

Suoritelaskentaa voidaan hyödyntää kustannuslaskennassa, vaihtoehtolaskennassa ja muutostyölaskennassa. (Enkovaara et al. 1994, s.51.) Jotta suoritelaskentaa voidaan tehdä, on kohteesta oltava vähintään pääpiirustustasoiset suunnitelma-asiakirjat ja rakennustapaselostus. Suoritelaskennassa määräluettelo on esitetty rakennusosanimikkeiden lisäksi suorituksina. Suoritteella tarkoitetaan rakennusosan ja työlajin yhdistelmää. Käsite tulee Talo 80 -nimikkeistöstä, joka jaetaan seuraaviin pääryhmiin: rakennusosa, suoritus ja kustannuslaji.

## 4. TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUKSEN SUORITUS

Tutkimuksen teoriaosuudessa selvitettyjä kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä suunnitteluratkaisuja analysoidaan tutkimuksessa kvantitatiivisen eli määrällisen tapaustutkimuksen avulla. Sen avulla saadaan muodostettua käsitys kohdeyrityksen toteutuneiden kohteiden suunnitteluratkaisujen suhteista kustannuksiin ja voidaan arvioida tilastollisilla analyyseilla niiden selitettävyyttä.

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa selvitetään lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä sekä eri asioiden välisiä riippuvuuksia tai tutkittavassa ilmiössä tapahtuneita muutoksia (Heikkilä 2005, s.16). Kvantitatiivisessa tutkimuksessa pyritään kuvaamaan tutkittava ilmiö numeerisen tiedon pohjalta sekä vastaamaan kysymyksiin mikä, kuinka paljon ja mikä on asioiden välinen riippuvuussuhde (Nummenmaa et al. 2014, s.16). Tutkimuksen tavoitteena on arvioida suunnitteluratkaisujen vaikutusta kohteiden taloudellisuuteen kustannustiedoista ja suunnitteluratkaisuista laskettujen tunnuslukujen avulla, joten kvantitatiivisen tutkimuksen ja menetelmien käyttö on perusteltua.

Tapaustutkimuksessa tutkimuksen kohteena on yksittäinen tapaus, rajattu kokonaisuus tai yksilö ja sen tarkoituksena on analysoida tutkimuksen kohde tarkasti, tehdä sitä koskevat johtopäätökset ja esittää mahdolliset jatkokehitystoimenpiteet tai yleistykset (Nummenmaa et al. 2014, s.17). Tapaustutkimus on usein laadullista tutkimusta, mutta koska siinä käytetään erilaisia aineiston keruu ja analyysitapoja, voi se olla tutkimusotteeltaan myös kvantitatiivinen (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006).

Tutkimuksen lähtötiedot kerätään kohdeyrityksen toteutuneiden kohteiden määräluette-loista, kustannuslaskelmista, tavoitearvioista, suunnitelmista sekä seurantataulukoista. Tutkimuksessa verrataan teoriaosuudessa esitettyjä ja kohdeyrityksen henkilöstön mukaan eniten kustannuksiin vaikuttavia suunnitteluratkaisuja aineiston toteutuneisiin kustannuksiin sekä tilastollisten menetelmien avulla analysoidaan niiden merkitystä kohteiden taloudellisuuteen. Suunnitteluratkaisujen taloudellisuutta arvioidaan vertaamalla aineiston lähtötietojen avulla laskettuja ratkaisujen tehokkuutta kuvaavia tunnuslukuja toteutuneisiin kustannuksiin.

### 4.1 Kohteiden esittely

Tutkimuksen aineisto koostuu 19 omaperustaisesta Pirkanmaalla sijaitsevasta kerrostalo-kohteesta. Kohdeyrityksen tuotannon pääpaino on kerrostalotuotannossa, joten tutkimuk-sen ulkopuolelle jätettiin kohteet, joissa kerrostalon lisäksi on toteutettu muita asunto-tyyppejä. Tutkimuksen tekohetkellä valituista kohteista oli saatavilla riittävästi tietoa eri

kustannuslaskentamenetelmien hyödyntämiseksi. Aineisto muodostui kohteiden suunnitelmista, määräluetteloista, kustannusarvioista sekä kohteiden seurantataulukoista kerätyistä laajuus- ja kustannustiedoista.

Kohdeyritys ei halua julkaista kohteiden nimiä eikä kohteiden tarkkoja kustannustietoja. Tutkimuksessa esitettävät kokonaiskustannukset, huoneistokustannukset sekä muut **kustannukset on muutettu** kertoimien avulla, eivätkä ne näin ollen vastaa kohteiden oikeita toteutuneita kustannuksia. Laajuustiedot esitetään tutkimuksessa todenmukaisina. Tutkimuksessa esitettävät kustannuserot sekä prosentuaaliset erot ovat kuitenkin oikeassa suhteessa toisiinsa nähden. Taulukossa 2 on esitetty hankkeiden perustiedot.

***Taulukko 2. Kohteiden perustiedot***

	kerroksia	asunnot	liikehuoneistot	htm <sup>2</sup>	kem <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	rm <sup>3</sup>
<b>Kohde 1</b>	6+kellari	65	0	2 497	3 060	3 877	11 631
<b>Kohde 2</b>	4+4	44	0	2 506	3 528	3 528	11 220
<b>Kohde 3</b>	7+7	104	4	4 266	5 600	5 894	18 200
<b>Kohde 4</b>	5	40	0	2 015	2 400	2 870	8 440
<b>Kohde 5</b>	5	24	2	1 375	1 760	1 940	6 200
<b>Kohde 6</b>	5	39	1	1 755	2 340	2 416	8 210
<b>Kohde 7</b>	5+ah	55	2	2 611	3 570	3 680	12 574
<b>Kohde 8</b>	5	31	0	1 279	1 655	1 840	5 870
<b>Kohde 9</b>	5	37	0	1 742	2 075	2 455	7 788
<b>Kohde 10</b>	5	50	0	1 700	2 075	2 455	7 788
<b>Kohde 11</b>	6+ah	56	3	2 869	3 520	4 736	11 100
<b>Kohde 12</b>	8+kellari	57	4	2 869	3 480	4 613	10 550
<b>Kohde 13</b>	4+4	50	0	1 781	2 200	2 892	9 088
<b>Kohde 14</b>	5+kellari	44	0	1 954	2 490	2 875	8 970
<b>Kohde 15</b>	4/5	35	0	2 243	3 000	3 184	9 720
<b>Kohde 16</b>	4	30	1	1 632	2 000	2 073	6 742
<b>Kohde 17</b>	5	38	0	2 029	2 753	2 785	8 885
<b>Kohde 18</b>	4/6	47	0	2 534	3 400	3 569	11 348
<b>Kohde 19</b>	4/6+ah	51	0	2 864	3 800	4 435	14 162

Tarkasteltavien kohteiden laajuus vaihtelee merkittävästi. Asuntojen määrä vaihtelee 24-104 välillä, keskiarvon ollessa noin 47. Mediaani, eli aineiston keskimääräinen arvo on vain hieman pienempi (44) kuin keskiarvo, eli jakauma on lähes symmetrinen. Liikehuoneistoja on noin 40 %:ssa kohteista. Kohteissa 2, 3 ja 13 on toteutettu kaksi samanlaista



kerrostaloa. Lisäksi taulukosta 2 nähdään, että kohteissa 7, 11, 12 ja 19 on autohalli sekä kohteissa 1,2 ja 14 erillinen kellarikerros. Kohteiden määräluetteloista ja toteumatiedoista laskettuja tunnuslukuja ja niiden avulla suoritettava vertailu esitetään luvussa 5.

Tutkimuksessa tarkastellut kohteet ovat valmistuneet vuosien 2010-2016 välisenä aikana. Kohteiden kustannukset on korjattu rakennuskustannusindeksin avulla vastamaan vuoden 2016 kustannustasoa. Kohteiden kustannukset on jaettu luvussa 3.4.4 esitellyn Talo-80 -nimikkeistön mukaisesti 10 pääryhmään. Pääryhmän 0 eli rakennuttajan kustannukset on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, joten taloudellisuuden arvioinnissa kustannukset muodostuvat pääsääntöisesti pääryhmien 1-9 aiheuttamista kustannuksista. Suurin osa kustannuksista jakautuu pääryhmälle 3 (keskiarvo 38 %), jossa suurimmat kustannuksiin vaikuttavat litterat ovat betonielementit sekä tilaelementit. Tarkemmat tiedot kohteiden kustannusten jakautumisesta pääryhmittäin on esitetty liitteen 1 taulukossa. Kustannusten jakautumista tarkasteltaessa on syytä huomioida, että kohteet ovat erikokoisia, joten sama prosenttiosuus kustannuksissa saattaa kohteesta riippuen tarkoittaa huomattavan suurta eroa kustannuksissa.

## 4.2 Tutkimusmenetelmät

Tässä työssä selvitetään kohdeyrityksen toteutuneiden kohteiden suunnitteluratkaisujen vaikutusta kohteiden kustannuksiin. Tilastollisia menetelmiä käyttämällä pyritään löytämään riippuvuuksia valittujen ratkaisujen ja kustannusten välille ja arvioida näin suunnitteluratkaisujen taloudellisuutta. Luvussa 3 esiteltiin suunnittelun ohjauksen ja kustannussuunnittelun prosessit ja niissä käytettäviä menetelmiä. Tutkimuksen kannalta tärkeimpiä menetelmiä olivat suorite- ja rakennusosalaskenta. Tutkimuksessa käytettiin pääsääntöisesti kohdeyrityksen valmiita suoriteperustaisesti laadittuja määräluetteloita sekä rakennusosa-arvioita. Kustannusten vertailua varten kohteiden laajuustiedot ja toteutuneet kustannukset kerättiin allekkain yhteen laskentataulukoon, jolloin tunnuslukujen vertailu oli helpompaa. Kuvassa 9 on esitetty ote vertailutaulukosta. Taulukosta nähdään osa lasketuista taloudellisista tunnusluvuista sekä suunnitteluratkaisujen tehokkuusluvuista.



Tilastollisista menetelmistä tutkimuksessa käytettiin korrelaatiokertoimia sekä regressioanalyysijä. Niiden avulla pyrittiin arvioimaan kustannusten ja eri suunnitteluratkaisujen riippuvuutta. Seuraavassa esitellään käytetyt tilastolliset menetelmät.

### **Korrelaatiokerroin**

Kahden muuttujan välistä riippuvuutta kuvataan tavallisimmin Pearsonin korrelaatiokerroimen avulla. Se mittaa muuttujien välisen yhteyden voimakkuutta. Jotta muuttujien välistä riippuvuutta voidaan tarkastella, on tarkastelu hyvä aloittaa piirtämällä muuttujista hajontakaavio. Siinä yksi piste kuvaa aina kahden muuttujan X ja Y arvot yhdeltä tilastoyksiköltä. Hajontakuviosta selviää mahdollisen yhteyden voimakkuus, muoto ja suunta. Mikäli kuvio ei ole muodoltaan säännönmukainen, on lähes turhaa jatkaa tilastoaineiston tarkastelua korrelaatiokerroimen avulla. Pearsonin korrelaatiokerroin lasketaan seuraavasti:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}.$$

Kaavassa x ja y ovat jakauman muodostavia lukupareja, n on tutkittavien kohteiden lukumäärä ja  $s_x$  ja  $s_y$  ovat muuttujien x ja y keskihajonnat (Heikkilä 2005, s.90-91). Useimmiten korrelaatiokerroimen laskeminen tehdään taulukkolaskentaohjelman avulla.

Korrelaatiokerroimen arvo vaihtelee -1:n ja 1:n välillä ja mitä lähempänä kertoimen arvoa 0 ollaan, sitä vähemmän muuttujien välillä on riippuvuutta. Kerroin kuvaa, kuinka hyvin muuttujien arvopareja kuvaavat pisteet sijoittuvat samalle suoralle tai käyrälle. Kertoimen tilastollista merkitsevyyttä voidaan testata joko laskemalla sille t-testisuure tai vertaamalla kertoimen arvoa aineiston koosta riippuvaan kriittiseen arvoon (Nummenmaa 2014, s.225-226). Tässä tutkimuksessa korrelaatiokerroimen merkitsevyyttä on verrattu valmiiksi laskettuihin kriittisiin arvoihin (liite 3).

Korrelaatiokerroimeen liittyy oleellisesti selitysaste. Sen avulla voidaan ilmoittaa, kuinka suuren osan selittävä muuttuja (x) selittää selitettävän muuttujan (y) vaihteluista. Selitysaste saadaan korottamalla korrelaatiokerroimen arvo toiseen potenssiin ja tulos ilmoitetaan prosentteina. Esimerkiksi jos korrelaatiokerroin on 0,5, selitysaste on 0,25 eli 25 %. Tämä tarkoittaa sitä, että y:n vaihteluista pystytään selittämään 25 % x:n avulla. (Heikkilä 2005, s.92)

### **Lineaarinen regressioanalyysi**

Korrelaatiokerroimen avulla voidaan tarkastella muuttujien välisen lineaarisen yhteyden voimakkuutta. Korrelaation avulla ei kuitenkaan voida päätellä, kuinka paljon yhden muuttujan muutos esimerkiksi 0,1 yksikön verran vaikuttaa toiseen muuttujaan. Jotta edellä mainittu voidaan kuvata, on siitä muodostettava matemaattinen malli, ja yksinkertaisin sekä monikäyttöinen malli on lineaarinen regressioanalyysi. (Nummenmaa et al. 2014, s.236.)

Lineaarinen regressiosuora on yleisin regressiomalli. Sen avulla voidaan mallintaa kahden muuttujan välistä suhdetta. Lineaarisen regressiomallin mukaisen suoran yhtälö voidaan kirjoittaa muodossa

$$\hat{y} = b_0 + b_1 * x.$$

Yhtälössä  $\hat{y}$  on y-muuttujan ennustettu arvo,  $b_0$  on suoran vakiotermi,  $b_1$  regressiokerroin ja  $x$  on x-muuttujan arvo.

### **Epälineaarinen regressioanalyysi**

Vaikka monet muuttujien välisistä yhteyksistä noudattavat lineaarista mallia, on hyvin suuri osa yhteyksistä myös muun muotoisia (Nummenmaa et al. 2014, s.244). Hajontakuvion pistejoukon muodostama muoto kertoo voidaanko kuvioon sovittaa epälineaarista mallia. Mikäli kuvio taipuu selvästi johonkin suuntaan, ei lineaarista mallia voida käyttää, vaan on arvioitava onko yhteys kuvattavissa jonkin toisen funktion avulla. Epälineaarisia regressiomalleja ovat eksponentiaalinen malli, toisen asteen polynomimalli, logaritmi-malli ja käänteismalli. (Nummenmaa et al. 2014, s.244-249.)

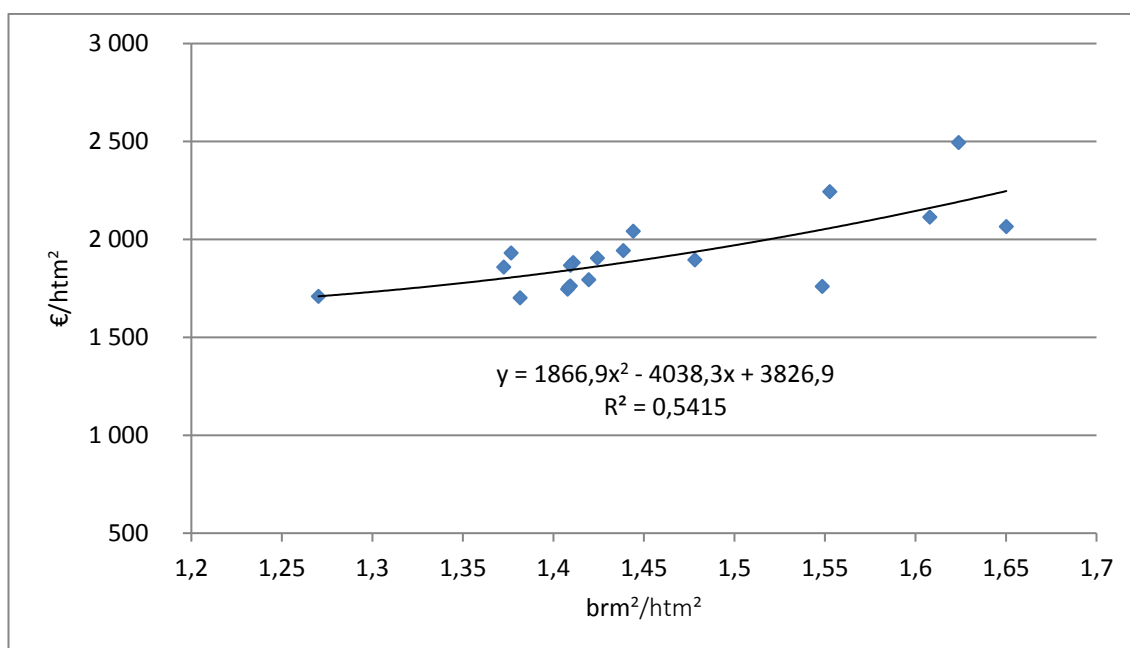
Tässä tutkimuksessa tulosten analysoinnissa käytettiin epälineaarisista malleista eksponentiaalista mallia sekä toisen asteen polynomimallia. Tutkimuksessa käytettiin taulukkolaskentaohjelman määrittelemiä malleja, joten epälineaaristen mallien eksponenttifunktion sekä toisen asteen yhtälön laskentakaavoja ei esitellä tässä yhteydessä tarkemmin.

## 5. TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tässä luvussa esitellään kohteiden toteumatiedoista laskettuja tunnuslukuja, havainnollistetaan suunnitteluratkaisujen vaikutusta kohteiden taloudellisuuteen sekä vertaillaan tuloksia teoriaan. Suunnitteluratkaisujen vaikutuksen havainnollistamiseksi tutkimuksen tulokset on esitetty taulukoiden ja kaavioiden avulla.

### 5.1 Tilatehokkuus ja rakennusoikeuden käyttötehokkuus

Tilatehokkuudella on suuri merkitys hankkeen taloudellisuuteen. Mitä paremmin kohteen asemakaavassa ilmoitettu rakennusoikeuden kerrosneliömäärä onnistutaan jakamaan huoneistoneliöiksi, sitä enemmän kohteessa on myytäviä neliöitä. Tilatehokkuudella kuvataan myytävien huoneistoneliöiden suhdetta hankkeen bruttoneliöihin nähden. Myytävien huoneistoneliöiden määrän kasvattaminen parantaa tilatehokkuutta ja alentaa huoneistoalle jaettuja kokonaiskustannuksia. Kuvassa 10 on esitetty tilatehokkuuden suhde huoneistopinta-alaa kohden laskettuihin kustannuksiin.



**Kuva 10.** Tilatehokkuuden suhde kustannuksiin

Kuvasta 10 havaitaan, että tilatehokkuuden kasvaessa myös kustannukset huoneistoneliötä kohden kasvavat. Kuvassa y-akselilla olevat kustannukset huoneistoneliötä kohden eivät vastaa todellisia kustannuksia vaan ne on kerrottu kohdeyrityksen pyynnöstä vakiokertoimella. Tilatehokkuus on sitä parempi mitä lähemmäksi päästään arvoa yksi. Tehokkuutta heikentäviä tekijöitä ovat talon alla olevat pysäköintihallit ja suuret käytävä-

ja yhteistilat. Kohteet, joissa on paljon yhteis- ja käytävätilaa sisältävät vähemmän myytävää huoneistopinta-alaa, jolloin kustannukset ovat huoneistopinta-alaa kohden suuremmat.

Pysäköintiratkaisuista kallein on kirjallisuusselvityksen mukaan maanalainen pysäköintihalli. Rakennuksen alla oleva maanalainen pysäköintihalli nostaa kohteen bruttoneliöiden määrää, joka heikentää tilatehokkuutta. Kohteessa 7 pysäköinti on toteutettu osittain maanalaisella pysäköintihallilla, mutta kohteista 11, 12 ja 19 poiketen, pysäköintihalli ei sijaitse talona alla, joten sitä ei lasketa mukaan kohteen bruttoalaan.

Tilatehokkuudelle laskettu korrelaatiokerroin on 0,736 ja siitä laskettu selitysaste 54,2 %. Edellä mainitun avulla voidaan siis sanoa, että 54,2 %:ssa kohteista rakennuskustannusten muutos voidaan selittää tilatehokkuuden muutoksen avulla. Hyvän korrelaation ja yli 50 prosentin selitysasteen vuoksi voidaan tuloksia tilatehokkuuden vaikutuksesta kustannuksiin pitää suhteellisen luotettavina, vaikkakin aineisto on pieni. Esimerkin vuoksi on laskettu, että tilatehokkuuden heikentyessä 0,1 yksikköä, voidaan huoneistokohtaisten rakennuskustannusten olettaa kasvavan keskimäärin noin 7,5 % eli 140 €/htm<sup>2</sup>.

Kohdeyrityksen laskentapäällikön mukaan tilatehokkuus on hyvä, kun päästään arvoon 1,5 tai sen alle. Tutkimuksen kohteista 73,7 % alittivat tämän arvon ja näistä tilatehokkuudeltaan erittäin hyviä, alle arvon 1,4, oli 28,6 %. Kohteissa, jotka olivat tilatehokkuudeltaan heikompia (26,3 %), oli paljon käytävä- ja yhteistilaa, kuten asunnoton kellari-kerros tai pysäköintihalli talon alle sijoitettuna. Taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna tilojen sijoittelussa on kohdeyrityksessä onnistuttu hyvin.

### **Rakennusoikeuden käyttötehokkuus**

Tutkimuksen kohteiden rakennusoikeuden käyttötehokkuus vaihtelee arvojen 0,71–0,84 välillä. Edellä mainitulla vaihteluvälillä laskettuna 0,13 yksikön ero tarkoittaa 975 000 euron eroa kohteessa, jonka rakennusoikeuspinta-ala on 2 500 kem<sup>2</sup>:ä ja myyntihinta 3 000 €/htm<sup>2</sup>. Mitä lähemmäksi arvoa 1 päästään, sitä paremmin kohteen sijoittamisessa tontille on onnistuttu. Käyttötehokkuuteen voi oleellisesti vaikuttaa kaavamääräyksillä, jotka voivat määrätä esimerkiksi sisällyttämään väestönsuojan laskettaviin kerrostasoneliöihin. Tällöin käyttötehokkuutta kuvaava tunnusluku jää usein alhaiseksi.

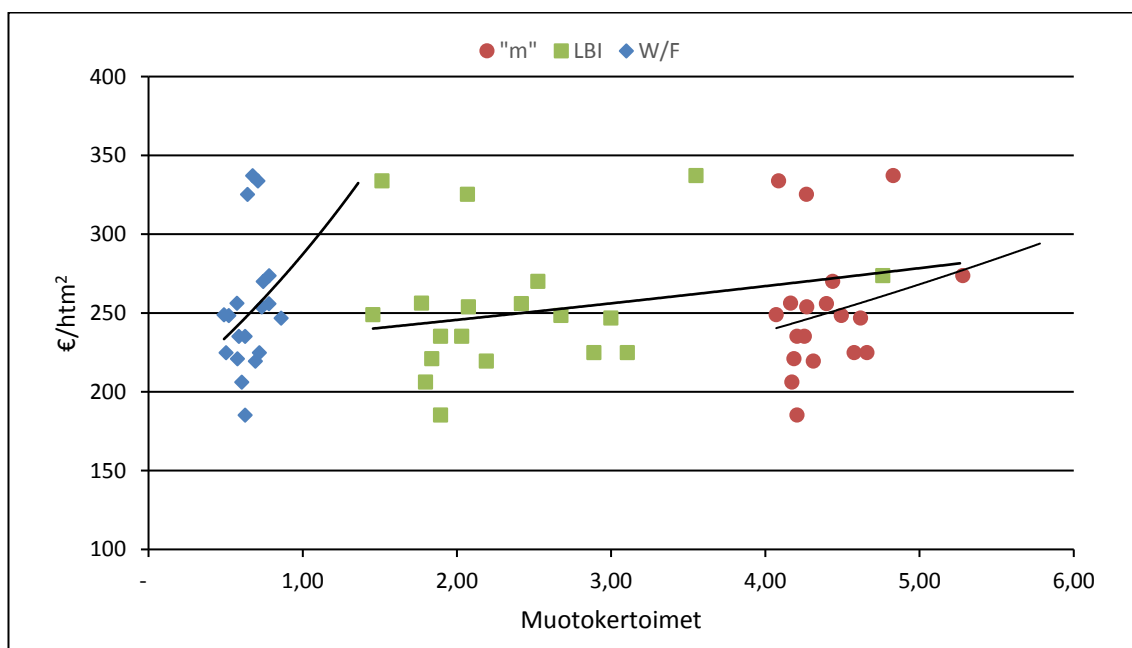
Kirjallisuusselvityksen mukaan käyttötehokkuus on hyvä, kun ylitetään arvo 0,8. Tutkimuksen kohteista 42,1 % eli lähes puolet on rakennusoikeuden käyttötehokkuudeltaan hyviä. Parhaissa kohteissa oli joko kellarikerros, johon oli sijoitettu asuntoja tai talon alle sijoitettu pysäköintihalli. Kohteista kuitenkin jopa 36,8 % jäi tehokkuusluvultaan alle arvon 0,75, joten hankekehitysvaiheen suunnittelun ohjauksessa ei ole tutkittavien kohteiden osalta onnistuttu parhaalla mahdollisella tavalla.

## 5.2 Rakennuksen muoto ja julkisivumateriaalit

Rakennuksen pohjaratkaisun monimuotoisuus vaikuttaa muun muassa rakennuksen runkoon ja sitä kautta ulkoseinien ja sisäseinien määrään. Monimuotoinen pohjaratkaisu tarkoittaa lisääntyneitä nurkkia julkisivumetrejä kohden. Rakennuskustannukset kasvavat muun muassa perustus- ja vesikattorakenteiden osalta nurkkien lukumäärän lisääntyessä.

Pohjaratkaisun muodon kustannusvaikutusten arvioimiseksi kohteille laskettiin luvussa 2.3.4 esitettyjä muotokertoimia, jotka kukin ottavat rakennuksen rungon muodon huomioon eri tavalla. Rungon muodolla on merkittävä vaikutus muun muassa ulkoseinien määrään, joten sen kustannusvaikutuksia arvioitiin ulkoseinien, vesikaton ja perustusten aiheuttamien, huoneistoalaa kohti laskettujen, kustannusten avulla.

Rakennuksen pohjaratkaisun muodon tehokkuutta ilmaisevia muotokertoimia tutkimalla voidaan sanoa, että tutkimuksen kohteista 31,6 % oli lähellä parasta mahdollista arvoa muotokertoimella W/F (0) ja 36,8 % kohteista muotokertoimella LBI (1). JC (0), POP (1) ja ”m” (4) muotokertoimet olivat lähellä parasta mahdollista arvoa 10,5 %:ssa, 15,8 %:ssa ja 73,7 %:ssa kohteista. Muotokertoimien teoreettisesti saavutettavat parhaat arvot on esitetty jokaisen muotokertoimen jälkeen sulkujen sisällä. Muotokertoimille lasketut arvot on esitetty tarkemmin liitteessä 2 olevassa taulukossa.



**Kuva 11.** Rakennuksen rungon muodon suhde kustannuksiin muotokertoimien W/F, LBI ja m avulla esitettynä

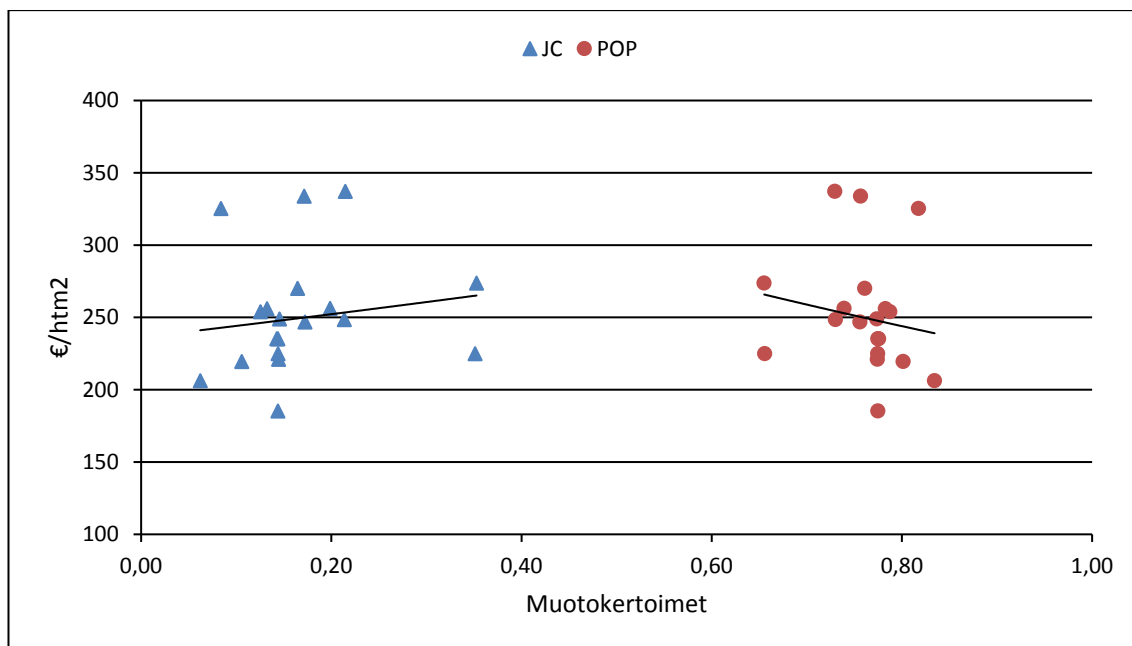
Kuvasta 11 voidaan päätellä, ettei laskettujen muotokertoimien ja kustannusten välillä ole lineaarista riippuvuutta, sillä muotokertoimien arvot asettuvat hajontakuvioon hyvin hajanaisesti. Kuvaa tarkasteltaessa on syytä huomioida, että y-akselilla olevat kustannukset

huoneistoneliötä kohden eivät vastaa todellisia kustannuksia, vaan ne on kerrottu kohdeyhteyden pyynnöstä vakio kertoimella. Kuvaan on kuitenkin piirretty eksponentiaaliset epälineaariset käyrät, jotka näyttävät mihin suuntaan kustannusten kehittyminen keskimäärin etenee. Tilastollisen riippumattomuus kustannusten ja muutokertoimien välillä voidaan ilmaista korrelaatiokertoimien avulla. Muotokertoimien korrelaatiokertoimet ovat seuraavat: W/F 0,263, LBI 0,214 ja ”m” 0,224. Koska korrelaatiokertoimien arvot ovat lähellä arvoa 0 eivätkä ne ylitä Pearsonin korrelaatiokertoimen kriittisiä arvoja (taulukko 5, liite 3), ei lineaarista tai epälineaarista riippuvuutta kustannusten ja rakennuksen muodon välillä ole havaittavissa.

Vaikka tilastollista riippuvuutta kustannusten ja muutokertoimien välillä ei ole, lasketaan esimerkin vuoksi miten muotokertoimen muutos vaikuttaa kustannuksiin. Muotokertoimen W/F kasvattaminen yhden 0,1 yksikön verran kasvattaa ulkoseinästä aiheutuvia kustannuksia noin 4,0 %, muotokertoimen LBI kasvattaminen yhden yksikön verran nostaa kustannuksia noin 4,1 % ja muotokertoimen m kasvattaminen noin 11,0 %.

Kuvassa 12 on esitettyä muotokertoimien JC ja POP vaikutukset kustannuksiin. Kuvasta nähdään, ettei myöskään muotokertoimien JC ja POP sekä kustannusten välillä ole lineaarista riippuvuutta. Muotokertoimien korrelaatiokertoimet ovat seuraavat: JC 0,156 ja POP 0,171. Korrelaatiokertoimet jäävät myös JC:n ja POP:n osalta Pearsonin kriittisten arvojen alle (liite 3), eikä näin ollen riippuvuutta ole havaittavissa myöskään JC eikä POP kertoimien ja kustannusten välillä. Esimerkin vuoksi laskettuna muotokertoimien JC ja POP kasvattaminen yhden yksikön verran kasvattaa ulkoseinästä aiheutuvia kustannuksia noin 3,2 % ja 6,1 %.





**Kuva 12.** Rakennuksen rungon muodon suhde kustannuksiin muotokertoimien JC ja POP avulla esitettynä (kustannukset kerrottu vakiokertoimella)

Muotokertoimien avulla laskettuja rungon muodon kustannusvaikutuksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että tutkimuksen kohteet ovat verrattain eri tavoin toteutettuja. Julkisivujen materiaalit vaihtelevat tiilipintaisista sandwich-elementeistä muurattuihin ja ohutrappattuihin seiniin. Rakennuksen muoto vaihtelee paljon nurkkia sisältävistä monimuotoisista vähän nurkkia sisältäviin yksinkertaisiin, lähes suorakaiteen muotoisiin rakennuksiin ja vesikattoratkaisut tasakattoisista lapekattoisiin.

Rakennusalan kirjallisuuden mukaan rakennuksen muoto vaikuttaa eniten perustus-, ulkoseinä- ja vesikattokustannuksiin. Tutkimuksen kohteista vähän nurkkia oli 15,8 %:ssa, normaalisti nurkkia oli 73,7 %:ssa ja paljon nurkkia oli 10,5 %:ssa kohteista. Paljon nurkkia sisältävissä kohteista yhdessä oli paljon sisäänvedettyjä parvekkeita ja toisessa suuret erkkerit.

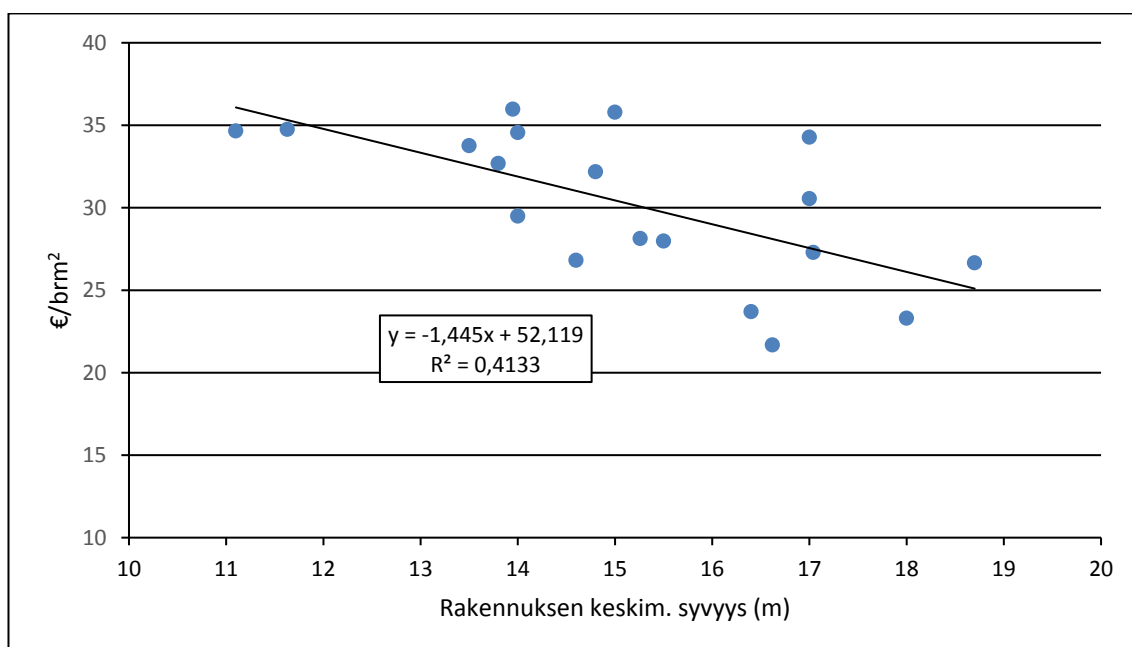
Kohteista suurin osa (73,7 %) on toteutettu sandwich-elementein, joiden pinta on joko maalattua betonia tai tiililaattaa. Kustannusero näiden kahden pintamateriaalin välillä oli tutkimuksen mukaan vain noin 10 €/htm<sup>2</sup>. Kohteissa käytetyistä julkisivujen pintamateriaaleista kalleimmat olivat paikalla muuraus (10,5 %) sekä kolmikerrosohutrappaus (15,8 %). Paikalla muurattava julkisivu lisää tutkimuksen mukaan huoneistokohtaisia kustannuksia noin 110 €/htm<sup>2</sup> ja ohutrappaus noin 80 €/htm<sup>2</sup>.

Vesikattoratkaisuista eniten käytetty ratkaisu oli harjakatto (52,6 %). Tasakatto (31,6 %) oli toiseksi käytetyin ja lapekatto (15,8 %) vähiten käytetty ratkaisu. Jos kaikissa kohteissa olisi käytetty samaa julkisivumateriaalia ja vesikattoratkaisua, olisi pohjaratkaisun muodon vaikutus kustannuksiin selkeämmin havaittavissa.

### 5.3 Runkosyvyys

Runkosyvyyden kasvattaminen vähentää kohteen perustusten, julkisivun ja vesikattorakenteiden suhteellista määrää rungon leveyden pienentyessä. Runkosyvyyden pienentäminen tarkoittaa, että luvussa 5.1.2 mainittujen rakennusosien määrä ja kustannukset kasvavat. Tutkimuksen kohteiden runkosyvyys vaihtelee 11,1-18,7 metrin välillä, keskiarvon ollessa 15,2. Runkosyvyyksien mediaani on 15, joten runkosyvyyden jakauman symmetrisyys on ilmeinen.

Tutkimuksen kohteiden julkisivumateriaalit ja vesikattorakenteet vaihtelevat kohteittain merkittävästi, minkä vuoksi runkosyvyyden suhdetta kustannuksiin tutkittiin perustuskustannusten osalta. Kuvassa 13 on esitetty kohteiden runkosyvyyden vaikutus perustuskustannuksiin.

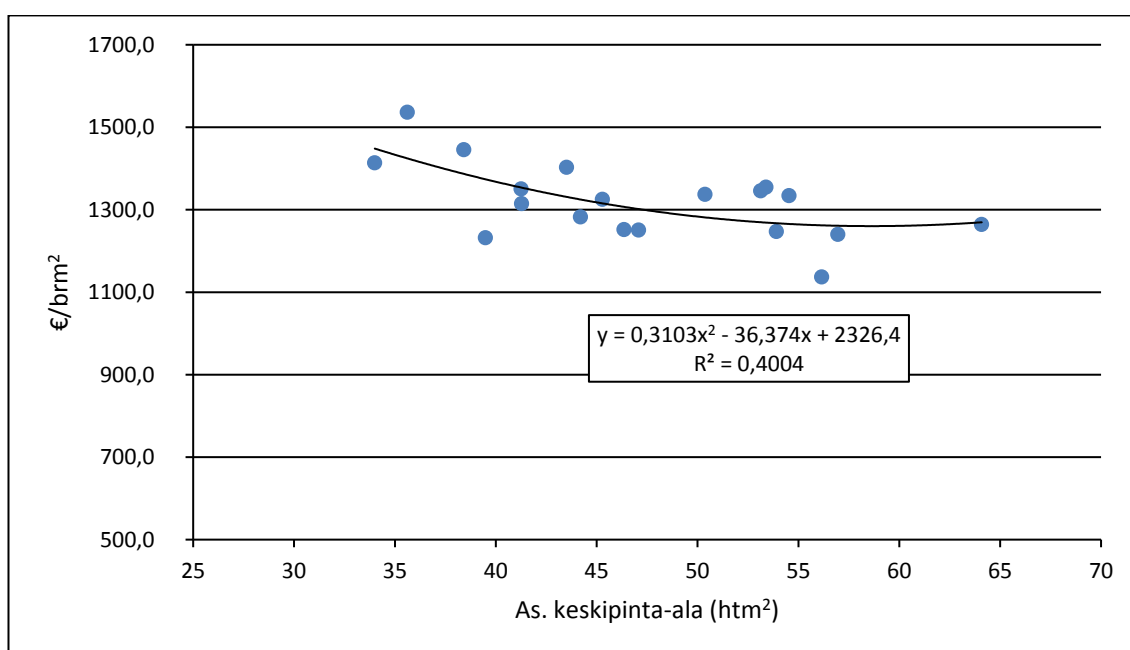


**Kuva 13.** Runkosyvyyden vaikutus perustuskustannuksiin

Kuvasta 13 voidaan päätellä, että runkosyvyyden pienentäminen lisää perustuskustannuksia. Kuvassa esitetyt kustannukset bruttoneliöitä kohden on kerrottu vakiokertoimella, eivätkä ne näin ollen vastaa todellista kustannustasoa. Kuvaan piirretyn lineaarisen suoran korrelaatiokerroin on 0,643 ja selitys aste noin 41 %. Tämä tarkoittaa, että muuttamalla runkosyvyyttä voidaan kustannusten muutoksista 41 % selittää runkosyvyyden muuttamisella. Runkosyvyyden kasvattaminen metrillä pienentää perustuskustannuksia keskimäärin noin 4,7 %.

## 5.4 Asuntojen keskipinta-ala ja lukumäärä

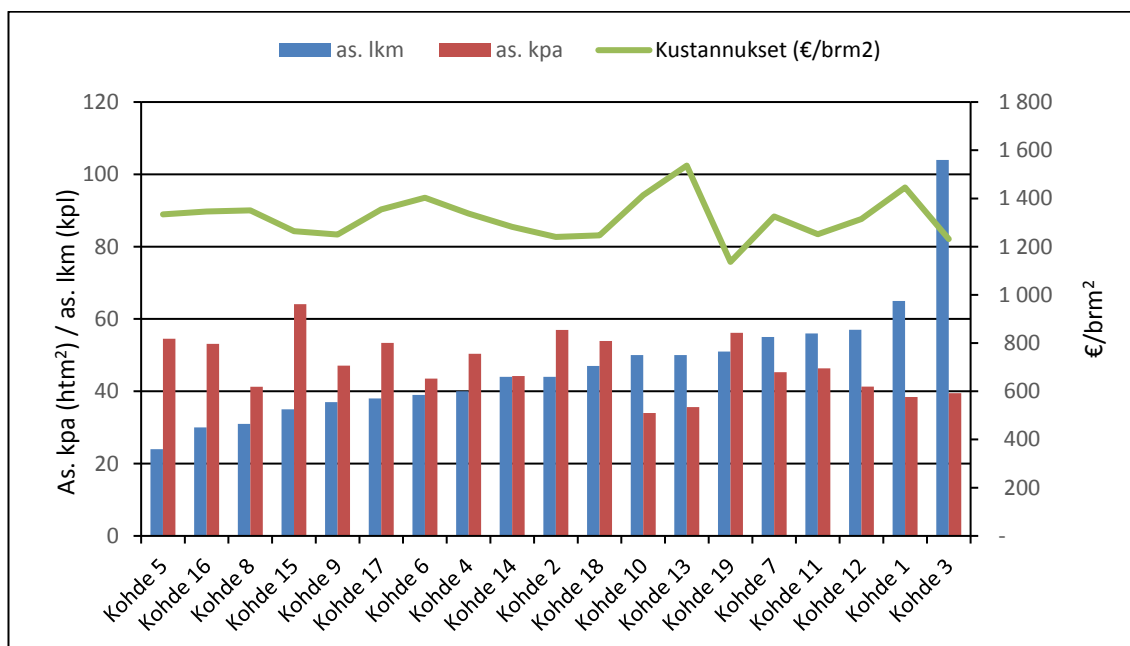
Asuntojen keskipinta-ala vaikuttaa hankkeen rakennuskustannuksiin. Kun asuntojen keskipinta-ala kasvaa, huoneistojen välisten seinien lukumäärä, yhteis- ja käytävätilojen suhteellinen määrä sekä kalliiden tilojen, kuten kylpyhuoneiden määrä vähenee. On eri asia rakentaa kohde, jossa on paljon pieniä asuntoja, kuin kohde jossa asunnot ovat suuria ja niitä on vähemmän. Pienissä asunnoissa kustannuksia nostavat kalliiden rakennusosien, kuten märkätilojen ja keittiöiden määrä huoneistoalaa kohden. Myös lisääntynyt yhteis- ja käytävätilojen määrä suhteessa suurempia asuntoja sisältäviin rakennuksiin nostaa rakennuskustannuksia, kuten myös parvekkeiden rakentamisesta aiheutuvat kustannukset, joka nostaa pienten asuntojen kustannuksia suhteellisesti enemmän kuin isojen asuntojen. Asuntojen keskipinta-alan vaikutus kustannuksiin on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14.** Asuntojen keskipinta-alan vaikutus kustannuksiin.

Kuvasta 14 nähdään, että asuntojen keskipinta-alan kasvattaminen pienentää pääsääntöisesti rakennuskustannuksia. Kuvaa tarkasteltaessa on syytä huomioda, että kustannukset bruttoneliötä kohden eivät vastaa todellisia kustannuksia, vaan ne on kerrottu kohdeyrityksen pyynnöstä vakiokertoimella. Keskipinta-alan suurentaminen laskee rakennuksen bruttoalaa kohden laskettuja kustannuksia pienempien keskipinta-alojen kohdalla nopeasti, mutta mitä suuremmaksi keskipinta-ala muodostuu, sitä maltillisemmin se kustannuksia laskee. Asuntojen keskipinta-alan muutosta voidaan kuvata epälineaarisella regressiokäyrällä. Toisen asteen yhtälöstä laskettu korrelaatiokerroin on 0,633 ja selitysaste 40 %. Tämä tarkoittaa, että rakennuksen bruttoalaa kohden laskettujen rakennuskustannusten vaihteluista voidaan selittää 40 % asuntojen keskipinta-alan muutoksella. Esimerkiksi keskipinta-alan kasvattaminen 50 neliöstä 60 neliöön pienentää kustannuksia noin 25 €/brm², kun taas 35 neliöstä 45 neliöön pienentää kustannuksia 115 €/brm².

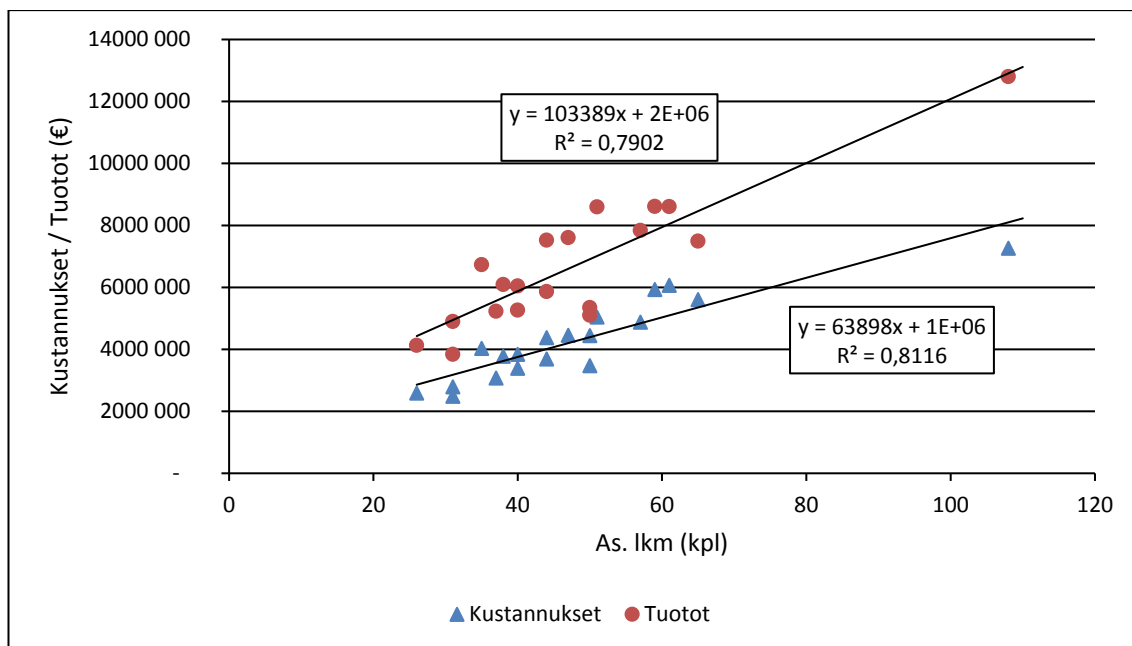
Kohteen laajuuden vaikutusta kokonaiskustannuksiin on tutkittu vertaamalla kohteiden asuntojen lukumäärää ja keskipinta-alaa toteutuneisiin rakennuskustannuksiin. Kuvassa 15 kohteet on järjestetty kasvavaan järjestykseen asuntojen lukumäärän mukaan.



**Kuva 15.** Hankkeen laajuuden vaikutus kustannuksiin

Kuvasta 15 voidaan havaita, että asuntojen lukumäärän kasvaessa ja asuntojen keskipinta-alan pienentyessä kustannukset kasvavat. Asuntojen keskipinta-alan pienentyminen vaikuttaa kustannuksiin kuitenkin selkeämmin kuin asuntojen lukumäärä. Tämä on havaittavissa erityisesti kohteiden 1, 10, 12, ja 13 kohdalla. Kuvaajan kustannuksia kuvaava suora poikkeaa voimakkaasti kohteen 13 kohdalla. Tämä johtuu muun muassa kohteen huonosta tilatehokkuudesta (1,62), kalliista julkisivumateriaalista (ohutrappaus) sekä monimuotoisesta vesikattoratkaisusta (lape-/harjakatto). Myös seuraavassa luvussa analysoitu parvekkeiden koko huoneistopinta-alaa kohden on kohteessa suuri.

Asuntojen lukumäärän vaikutusta rakennuskustannuksiin voidaan arvioida laskemalla kohteille asuntojen myynnistä saatava teoreettinen tuotto-odotus. Käytetään huoneistoneliökohtaisena myyntihintana arvoa 3000 €/htm<sup>2</sup>. Tuloksia tulee tarkastella objektiivisesta näkökulmasta, sillä kohteet ovat toteutustavaltaan ja ratkaisuiltaan toisistaan eroavia. Kuva tarkasteltaessa on syytä huomioida, että y-akselilla olevat kustannukset ja tuotot eivät vastaa todellista tasoa, vaan ne on kerrottu kohdeyrityksen pyynnöstä vakiokerroimella.



**Kuva 16.** Asuntojen lukumäärän teoreettinen vaikutus kustannuksiin ja tuottoihin

Kuvaan 16 piirrettyjen lineaaristen suorien kulmakertoimien avulla voidaan sanoa, että asuntojen lukumäärän kasvattaminen nostaa asuntojen myynnistä saatavia tuloja nopeammin kuin mitä niiden rakentamisesta aiheutuu kustannuksia. Asuntojen lukumäärän kasvaessa kymmenellä, teoreettisesti saatavat tulot kasvavat noin 37 % nopeammin kuin mitä kustannukset nousevat.

## 5.5 Parvekeratkaisut

Parvekeratkaisujen osuus kokonaiskustannuksista vaihtelee kohteittain 4,26–8,93 prosentin välillä. Parvekkeiden aiheuttamiin kustannuksiin vaikuttaa suunnitteluratkaisun - pilari-pieliparveke, sisäänvedetty tai ulokeparveke - lisäksi parvekkeiden pinta-ala. Kohteiden parvekkeiden keskipinta-ala vaihtelee 5,82–10,80 neliömetrin välillä. Kohteiden parvekkeiden yhteenlaskettu keskipinta-ala on 7,83 m<sup>2</sup>:ä.

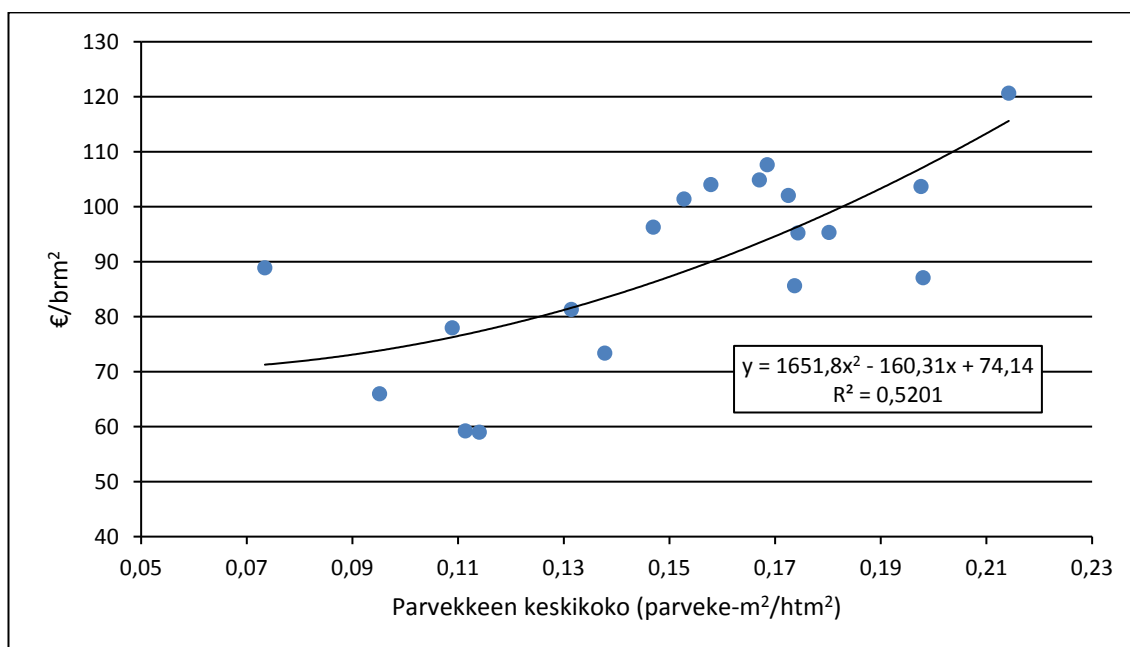
Kohteissa, joissa käytettiin pieli/pilariparvekkeita, parvekkeen keskipinta-ala on 7,87 m<sup>2</sup>:ä, ulokeparvekkeita käyttävissä kohteissa 6,63 m<sup>2</sup>:ä ja sisäänvedettyjä parvekkeita käyttävissä kohteissa 7,03 m<sup>2</sup>:ä. Uloke- ja sisäänvedetyt parvekkeet ovat tutkimuksen kohteissa keskimääräistä pienempiä.

Parvekkeen kokoa enemmän kustannuksiin vaikuttaa valittu parvekeratkaisu. Tutkimuksen kohteissa eniten käytetty parvekeratkaisu oli itsekantavat pilarein tai pieliementein tuetut parvekkeet, joita käytettiin kokonaan tai osittain 89 % kohteita. Ulokeparvekkeita käytettiin kokonaan tai osittain 16 % ja sisään vedettyjä parvekkeita 21 % kohteita.

Tutkimuksen mukaan edullisin parvekeratkaisu on sisäänvedetty parveke. Sen aiheuttamat kustannukset parvekkeen pinta-alaa kohden laskettuna olivat noin 9,9 % pienemmät

kuin pilari/pieliparvekkeen ja 13,1 % pienemmät kuin ulokeparvekkeen. Mikäli käytetään sisäänvedettyjä parvekkeita, on huomioitava, että ne kasvattavat rakennuksen runkosyvyyttä, mikä alentaa kokonaiskustannuksia muun muassa perustusten, ulkoseinien ja vesikaton osalta. Toisaalta sisään vedetyt parvekkeet lisäävät rakennuksen nurkkien lukumäärää ja kasvattavat rakennuksen piiriä. Ratkaisun taloudellisuutta arvioitaessa onkin tärkeää pohtia saavutetaanko halvimalla parvekeratkaisulla kokonaistaloudellisesti paras lopputulos.

Parvekkeen pinta-alan vaikutusta bruttoalaa kohden laskettuihin kustannuksiin tutkittiin laskemalla kohteiden parvekkeille keskikoko. Keskikoolla tarkoitetaan parvekkeiden yhteenlasketun pinta-alan ja huoneistoneliöiden suhdetta. Parvekkeiden keskikoko verrattiin kustannuslaskelmissa laskettuihin, suoraan parvekkeelle kohdistettaviin kustannuksiin. Kuvan 17 hajontakuviosta voidaan päätellä, että parvekkeen keskikoon kasvattaminen nostaa rakennuskustannuksia bruttoalaa kohden.



**Kuva 17.** Parvekkeen keskikoon vaikutus kustannuksiin (kustannukset kerrottu vakio kertoimella)

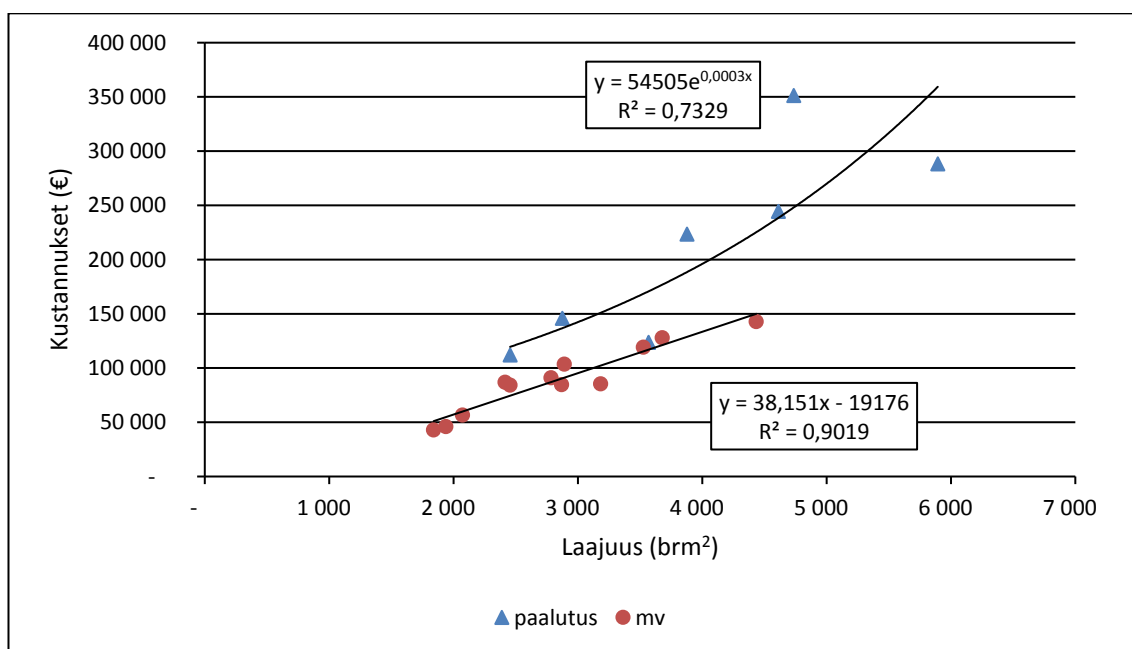
Parvekkeen keskikoon suhde kustannuksiin noudattaa epälineaarista polynomimallia ja sille laskettu korrelaatiokertoimen arvo on 0,721 ja selitysaste 52 %. Tulosta parvekkeen keskikoon vaikutuksesta kustannuksiin voidaan pitää suhteellisen luotettavana. Esimerkin vuoksi lasketaan miten kustannukset muuttuvat parvekkeen keskikoon muuttuessa 0,1 yksikön verran. Parvekkeen keskikoon muutos 0,1 yksikön verran nostaa bruttoalaa kohden laskettuja kustannuksia keskimäärin noin 35 €/brm².

## 5.6 Pohjaolosuhteet

Pohjaolosuhteilla on merkittävä vaikutus kohteen rakennuskustannuksiin. Mikäli tontin pohjaolosuhteet ovat heikot, voidaan suunnittelun ohjauksella vaikuttaa rakennuksen sijoittumiseen tontille siten, että kalliit pohjanvahvistustyöt jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä asemakaava saattaa asettaa tiukatkin vaatimukset rakennuksen sijoittamisesta tontille.

Tutkimuksen kohteissa oli mukana sekä maanvaraisesti hyvälle moreenimaalle perustettuja että moreenimaata huonommalle, saviselle maaperälle paaluanturoiden varaan perustettuja kohteita. Lisäksi osassa kohteista on jouduttu louhimaan maaperää huomattavan paljon tai suorittamaan laajoja massanvaihtoja. Kaikista kohteista laskettiin perustusurakoiden osuus kokonaiskustannuksista. Mikäli kohde on perustettu paaluperustaisesti, on paalutuksen kustannusvaikutus lisätty perustusurakan kustannuksiin.

Suurin osa (63,2 %) tutkimuksen kohteista oli maanvaraisesti perustettuja ja loput (36,8 %) paaluperustaisia. Maanvaraisesti perustettujen kohteiden perustuskustannusten osuus kokonaiskustannuksista oli keskimäärin 2,12 % ja paaluperustaisten 3,59 %. Kuvan 18 kuvaajassa on esitetty kohteiden perustustavan kustannusvaikutukset.



**Kuva 18.** Perustustavan vaikutus kustannuksiin (kustannukset kerrottu vakiokertomella)

Kuvasta 18 nähdään, että paaluperustuksen aiheuttamia kustannusvaikutuksia voidaan kuvata sovitamalla hajontakuvioon epälineaarisesta regressiomallista saatava käyrä. Paaluperustaisten kohteiden kustannusvaikutus on voimakkaasti sidoksissa kohteen laajuuteen. Mitä laajempi kohde on, sitä enemmän paaluja tarvitaan pohjan vahvistamiseen.

Korrelaatiokerroin paaluperustuksille on 0,856 ja siitä laskettu selitysaste on 73,3 %, joten tulosta voidaan pitää kohtalaisen luotettavana vaikkakin aineisto on hyvin pieni. Rakennuksen laajuuden kasvaessa 1000 brm<sup>2</sup>:tä, perustamiskustannukset nousevat noin 35 %.

Maanvaraisesti perustetuissa kohteissa kustannusten riippuvuus laajuudesta noudattaa paaluperustuksista poiketen lineaarisen regressiomallin tuottamaa suoraa. Korrelaatiokerroin maanvaraisesti perustetuiden kohteiden kustannusten ja laajuuden suhteesta on 0,950 ja selitysaste 90,2 %. Maanvaraisesti perustetuissa kohteissa laajuuden ja kustannusten välillä on vahva riippuvuus. Laajuuden kasvaessa 1000 brm<sup>2</sup>:tä, perustamiskustannukset kasvavat noin 38 %.

## 5.7 Yhteenveto

Työssä arvioitiin eri suunnitteluratkaisujen vaikutusta kohteiden taloudellisuuteen. Työn tulokset koottiin yhteenvetotaulukkoon, jossa eri ratkaisujen vaikutus kustannuksiin on esitetty taloudellisten tunnuslukujen ja tilastollisen merkittävyyden avulla.

**Taulukko 3.** Tilastollisesti merkittävimmät kustannuksiin vaikuttavat suunnitteluratkaisut

Suunnitteluratkaisu	Arvon vaihteluväli	Yks.	Taloudellinen vaikutus	Yks.	Selitysaste
Tilatehokkuus	1,27-1,65	brm <sup>2</sup> /htm <sup>2</sup>	357	€/htm <sup>2</sup>	54,2 %
Keskipinta-ala	34,0-64,1	htm <sup>2</sup>	150	€/brm <sup>2</sup>	40,0 %
Perustamisratkaisu					
-paalutus	2 455-5 894	brm <sup>2</sup>	n. 239 000	€	73,3 %
-maanvarainen	1 840-4 435	brm <sup>2</sup>	n. 100 000	€	90,2 %
Parvekkeen keskikoko	0,07-0,21	parveke-m <sup>2</sup> /htm <sup>2</sup>	62	€/brm <sup>2</sup>	52,0 %
Runkosyvyys	11,1-18,7	m	14	€/brm <sup>2</sup>	41,3 %

Tilastollisesti tarkasteltuna selvin yhteys suunnitteluratkaisun ja kustannusten välillä on perustamisratkaisulla. Perustamisratkaisun vaikutus kohteen taloudellisuuteen on selitettävissä paalutetuissa 73,3 %:ssa ja maanvaraisesti perustetuissa 90,2 %:ssa kohteista. Tilatehokkuuden ja parvekkeen keskikoon vaikutus kustannuksiin voidaan selittää tilastollisesti noin 50 %:ssa tutkimuksen kohteissa. Keskipinta-alan ja runkosyvyyden vaikutus kustannuksiin on tilastollisesti selitettävissä hieman alle puolessa eli noin 40 %:ssa tutkimuksen kohteissa.



Rakennuksen muodon vaikutuksen arvioimiseksi laskettuja muotokertoimia ja niiden vaihteluvälejä ei ole tähän taulukkoon koottu, sillä niiden avulla ei voitu osoittaa kustannusten ja rakennuksen muodon välistä riippuvuutta tilastollisesti. Kohteille laskettujen muotokertoimien avulla voidaan arvioida karkeasti rakennuksen rungon muodon vaikutus perustus- runko- ja vesikattokustannusten osalta. Muotokertoimen laskentatavasta riippumatta, tutkittavissa kohteissa perustusten, julkisivujen ja vesikaton ratkaisusta aiheutuvat kustannukset vaihtelevat välillä 185-330 €/htm<sup>2</sup>.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa esitetään tämän tutkimuksen johtopäätökset. Aluksi tarkastellaan tutkimuksessa saatuja tuloksia asetettuihin tavoitteisiin nähden ja arvioidaan tulosten luotettavuutta. Tämän jälkeen tarkastellaan tutkimuksen suoritusta ja siinä käytettyjen menetelmien sopivuutta tutkimukseen. Lopuksi esitetään ehdotuksia jatkotutkimuksia varten.

### 6.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen kohteiden suunnitteluratkaisujen kustannustarkasteluissa korostui suunnittelun ohjauksen ja kustannussuunnittelun merkitys hankkeen taloudelliseen onnistumiseen. Hanke- ja suunnitteluvaiheissa tehtävällä huolellisella suunnitteluratkaisujen taloudellisella ja teknisellä vertailulla pyritään löytämään taloudellisesti edullisimmat ratkaisut. Jatkokehitykseen tulisi valita sellaiset suunnitelmat, jotka täyttävät hankkeelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset mahdollisimmin hyvin mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Suunnitteluratkaisujen taloudellisia tunnuslukuja laskemalla voidaan tutkia kunkin suunnitteluratkaisun vaikutusta kokonaiskustannuksiin.

Tutkimuksen tuloksissa suunnitteluratkaisuja ja niille laskettuja tehokkuuslukuja verrattiin toteutuneiden kohteiden seurantataulukoista laskettuihin kustannusten tunnuslukuihin. Tuloksia arvioitiin tilastollisia menetelmiä apuna käyttäen, jolloin kuvaajien avulla saatiin havainnollistettua ratkaisujen taloudellinen vaikutus paremmin. Tuloksia tarkastelemalla voidaan todeta, että joidenkin suunnitteluratkaisujen ja kustannusten välillä on selvää tilastollista riippuvuutta.

Tilastollisen analyysin perusteella selvin riippuvuus suunnitteluratkaisun ja kustannusten välillä oli tilatehokkuudella (0,736), runkosyvyydellä (0,643), asuntojen keskipinta-alalla (0,694), parvekkeen keskikoolle (0,864) ja perustamistavalla (0,856 ja 0,950). Suluissa ilmoitetut luvut ovat suunnitteluratkaisujen ja kustannusten riippuvuutta ilmaisevia Pearsonin korrelaatiokertoimia. Tilastollinen riippuvuus on sitä vahvempi, mitä lähempänä arvoa 1 ratkaisusta laskettu korrelaatiokerroin on. Yllä mainituilla suunnitteluratkaisuilla voidaan katsoa olevan tilastollista riippuvuutta kustannuksiin nähden, sillä kertoimet ylittävät Pearsonin korrelaatiokertoimien kriittiset arvot kaikilla merkitsevyystasoilla (liite 3).

Tutkimuksen tulosten luotettavuuden arvioinnissa tulee empiirisen tutkimuksen osalta olla kriittinen. Tutkimusaineisto koostui pääosin kohdeyrityksen toteutuneiden hankkeiden seuranta- ja jälkilaskentataulukoiden toteumatiedoista. Tutkimuksessa suunnitteluratkaisujen taloudellisuuden vertailussa oli mukana 19 eri aikaan toteutettua kohdetta. Suppea aineisto heikentää tutkimuksen luotettavuutta muun muassa virhemarginaalien

kasvamisenä. Esimerkiksi yksikin virheellisesti tulkittu tunnusluku vaikuttaa merkittävästi koko tutkimuksen tuloksiin. Tutkimuksen kohteet poikkeavat toisistaan monelta osin, mikä osaltaan vaikeutti tutkimuksen tekemistä ja tulosten tarkastelua. Seuranta-  
taulukoiden tietojen tulkinnassa ja arvioinnissa korostuu työmaalla mahdollisesti tehdyt virheet kustannusten litteroinnissa. Litterointivirheistä johtuen, osassa tutkimuksessa tarkastelluista suunnitteluratkaisuista saattaa esiintyä poikkeamaa todellisiin toteutuneisiin kustannuksiin nähden. Edellä mainittujen virheiden vaikutus pyrittiin minimoimaan vertaamalla ratkaisujen vaikutuksia kokonaiskustannuksista laskettuihin kustannuksiin huoneistoalaa tai bruttoalaa kohden.

## 6.2 Tutkimuksen tarkastelu

Tutkimuksessa korostui hankkeen alkuvaiheessa tehtävän suunnittelun ohjauksen ja siihen liittyvän kustannussuunnittelun merkitys suunnitteluratkaisujen taloudellisuuden arvioinnissa. Hankkeen eri vaiheissa käytetyt menetelmät ratkaisujen taloudellisuuden arviointiin ja vertailuun saatiin selville kirjallisuusselvityksen avulla. Kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä suunnitteluratkaisuja selvitettiin useaan eri lähteeseen pohjautuen. Kirjallisuusselvityksen ja kohdeyrityksen henkilöstön mukaan kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä suunnitteluratkaisuja, joihin suunnittelunohjauksella tulisi hanke- ja rakennesuunnitteluvaiheessa keskittyä, olivat tilatehokkuus ja rakennusoikeuden käyttötehokkuus, asuntojen keskipinta-ala ja lukumäärä, rakennuksen rungon muoto, pohjaolosuhteet sekä parvekeratkaisut. Myös julkisivumateriaalin valintaan tulisi suunnittelun ohjauksessa kiinnittää huomiota, mikäli kaavoitus ei aseta julkisivun pintamateriaalille vaatimuksia.

Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia ja vertailla suunnitteluratkaisujen taloudellisuutta kohdeyrityksen omaperustaisissa kerrostalohankkeissa. Tutkimuksen päätavoitetta tukevin alataavoitteina oli selvittää kustannusvaikutuksiltaan merkittävimmät suunnitteluvaiheen suunnitteluratkaisut sekä mitä eri menetelmiä suunnitteluratkaisujen vertailuun on ja miten vertailua tehdään.

Kirjallisuusselvityksessä käytettiin alan peruskirjallisuutta sekä useita ulkomaisissa yliopistoissa tai alan tieteellisissä julkaisuissa julkaistuja tutkimusartikkeleita. Suunnittelun ohjauksen menetelmät noudattavat samoja piirteitä julkaisusta riippumatta. Myös kustannussuunnittelun osalta prosessi ja menetelmät on esitetty eri julkaisuissa samankaltaisesti.

Sekä kirjallisuudesta että kohdeyrityksen henkilöhaastatteluista nousivat esille lähes samat merkittävimmät suunnitteluratkaisut. Näin ollen tutkimuksessa tarkasteltuja taloudellisesti merkittävimpiä suunnitteluratkaisuja voidaan pitää luotettavina. Osa kirjallisuudessa esiintyneistä ratkaisuista, kuten tilapintojen vaikutus, jätettiin kuitenkin tutkimuksesta pois, sillä niiden katsottiin olevan kustannusvaikutuksiltaan selvästi vähäisempiä. Suunnitteluratkaisujen taloudellista arviointia ja ratkaisujen vertailua on rakennusliik-

keen kannalta hyvin vaikea suorittaa, koska valitut ratkaisut ovat vahvasti kohdekohtaisia. Tässä tutkimuksessa otanta oli varsin suppea ja kohteet hyvin erityyppisiä. Mikäli tutkittavia kohteita olisi otettu tutkimukseen useampia, analyysistä olisi voitu saada nykyistä luotettavampi.

Tutkimuksen tulosten kannalta kaikkein merkittävin tekijä oli kohteiden laajuus- ja kustannustietojen vertailua varten luotu vertailutaulukko. Vertailutaulukkoon kerättiin kaikkien kohteiden omista seuranta- ja jälkilaskentataulukoista laajuustiedot ja toteutuneet kustannustiedot. Taulukkoon kerättyjen tietojen pohjalta kohteiden suunnitteluratkaisujen taloudellisuutta arvioitiin suunnittelutehokkuuden ja kustannuksista laskettujen tunnuslukujen avulla. Tilastollisten menetelmien avulla tutkittiin onko suunnitteluratkaisun ja kustannusten välillä riippuvuutta ja kuinka hyvin kohteiden kustannukset voidaan selittää suunnitteluratkaisujen tehokkuuslukujen avulla. Tilastolliset menetelmät tukivat hyvin tutkimuksen päätavoitteen saavuttamista.

### **6.3 Ehdotukset jatkotutkimukselle**

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kustannuksiltaan merkittävimmät suunnitteluvaiheissa tehtävät suunnitteluratkaisut ja arvioida niiden vaikutusta kohdeyrityksen kohteiden taloudellisuuteen. Suunnitteluratkaisujen taloudellisuuden arviointia tehtiin tässä tutkimuksessa tilastollisia menetelmiä käyttäen. Tutkimus olisi voitu tehdä myös käyttäen laskennallisia menetelmiä. Lähestymistapana laskennallinen tarkastelu olisi antanut mielenkiintoista tietoa kohdeyrityksen toteutuneissa kohteissa käytettyjen suunnitteluratkaisujen ja rakennusosa-arviomenettelyn avulla laskettujen kustannusten välisistä eroista.

Suunnitteluratkaisujen taloudellisuuden arviointia olisi mielenkiintoista tutkia myös kilpaileviin yrityksiin nähden. Tämän kaltainen tutkimus voi kuitenkin olla hyvin haasteellista tehdä, sillä yritykset eivät juuri julkaise kohdekohtaisia toteumatietojaan. Myös mahdollinen jatkotutkimuksen kohde olisi kehittää yksinkertainen hinnoittelutyökalu kohdeyrityksen käyttöön. Tutkimuksessa havaittiin, ettei yksittäisten suunnitteluratkaisujen taloudellinen arviointi tuota riittävästi tietoa ratkaisun vaikutuksesta kohteen kokonaiskustannuksiin. Tämän vuoksi työkalu, joka muutamien kohteen avaintietojen syöttämisen jälkeen antaisi karkean arvion kohteen kustannuksista, olisi hyödyllinen.

## LÄHTEET

Ashworth, A., (1994), *Cost Studies of Buildings*, Second edition, Longman Group Limited. UK, 329 p.

Ballard, G. & Reiser, P., (2004), *The St. Olaf College Field House Project: A Case Study in Designing to Target Cost*, Proceedings of the 12 th annual conference of the International Group for Lean Construction, pp. 234-249.

Belniak, S., Lesniak, A., Plebankiewicz, E., Zima, K., (2013), *The influence of the building shape on the costs of its construction*, Journal of Financial Management of Property and Construction, Vol 18 No 1, pp. 90-102

Cunningham, T., (2013), *Factors Affecting The Cost of Building Work – An Overview*, Dublin Institute of Technology

Eloranta, R., (2014), *Asuntojen rakennuskustannukset*, Rakennusfoorumi 7.10.2014, Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/50J5FjlGF/LVcdpLi5V/Rakennusfoorumi071014REloranta.pdf>

Enkovaara, E., Haveri, H., Jeskanen, P., (2006), *Rakennushankkeen kustannushallinta*, 4.painos, Rakennustieto Oy, 266 s.

Haahtela, Y. Kiiras, J., (2015), *Talonrakennuksen kustannustieto 2015*, Haahtelakehitys Oy, Tammerprint Oy, 384 s.

Heikkilä, T., (2005), *Tilastollinen tutkimus*, Edita Prima Oy, 328 s.

Ibrahim, A.D., (2007), *Effect of Changes in Layout Shape on Unit Construction Cost of Residential Buildings*, Samaru Journal of Information Studies Vol. 7,

Kahri, E., Pyykönen, H., (1984), *Asuntoarkkitehtuuri ja –suunnittelu*. Rakennuskirja Oy,

Kankainen, J., Junnonen, J-M., (2015), *Rakennuttaminen*, Rakennustieto Oy, 100 s. + liitteet 43 s.

Kelly, J., Male, S., & Graham, D., (2014), *Value Management of Construction Projects* (2), Somerset, GB: Wiley-Blackwell, 546 p.

Kirkham, R. J., (2015), *Ferry and Brandon's cost planning of buildings*, 9<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons, Ltd, 317 p.

Kortelainen, M., (2017), *Pohjola Rakennus perustaa tytäryhtiön korjaamiseen*, Artikkel, Rakennuslehti 3.2.2017

Koski, H., (2010), Rakentamisen tuotantotekniikka, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 274 s.

Lahti, P., Nieminen, J., Nykänen, V. & Vainio, T., (2008), Kerrostalojen kehittäminen – toimenpiteiden taloudellisten vaikutusten arviointi, Tutkimusraportti, VTT

Lindberg, R., Kivimäki, C., Lahtinen, M. et. al., (2016), Rakennusosien kustannuksia 2016, Rakennustieto Oy, 261 s.

Lindholm, M., (2009), Kustannushallinta rakennushankkeessa, Suomen Rakennusmedia Oy, 56 s.

MRL, (2000), L 5.2.1999/132, Maankäyttö- ja rakennuslaki, Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L1>

Mölsä, S., (2013), Kaavoittaja on suurin kohtuuhintaisuuden jarru, Artikkel, Rakennuslehti 17.1.2013

Nummenmaa, L., Holopainen, M., Pulkkinen, P., (2014), Tilastollisten menetelmien perusteet, 1. painos, Sanoma Pro Oy, 353 s.

Pennanen, A., Ballard, G., (2008), Determining expected cost in the target costing process, Proceedings of the 16th Annual Conference of the International Group of Lean Construction, pp. 589-600

Pennanen, A., Ballard, G., Haahtela, Y., (2011), Target costing and designing to targets in construction, Journal of Financial Management of Property and Construction, Vol. 16, No. 1, Emerald Group Publishing Limited, pp. 52-63

Pennanen, A., (2012), Talonrakennushankkeen hallinta ohjelmointi- ja suunnitteluvaiheessa, Rakennusalan dosentin luento 30.1.2012 Tampereen teknillisessä yliopistossa

Pihlajaniemi, J., (2014), Arkkitehtoninen laatu ja asuntojen hinnat, Empiirinen tutkimus Helsingin kantakaupungin alueelta, Juvenes Print, Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526206929.pdf>

Pitkänen, Jari., (2009), Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkasteluja, Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskus, Yliopistopaino, 46 s.

Pohjola Rakennus Oy, (2017), Pohjola Rakennus Oy, Saatavissa: <http://www.pohjolarakennus.fi/yritys>

Pyykönen, H., Kiiras, J., Orantie, K., (1985), Julkisivuopas, Rakennuskirja Oy, s. 70-99

Rakennusteollisuus, (2016), Lähes nollaenergiarakennus, Rakennusteollisuus RT Oy. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Rakentamisen->

kehittäminen/Tutkimushankkeita-rakentamisen-energiatohokkuudesta/Lahes-nollaenergiatalo-nZEB/

RAKLI, (2016), Kustannuserot Itävallan ja Suomen asuinkerrostalokohteissa – FIAT, RAKLI ry

Raunama, T., (2015), Talonrakennushankkeen suunnittelun ohjaus tämän päivän pelikentässä, Rakennuttajakoulutus R37, APRO 15.8.2015

RT 10-11107, (2013), Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR12, Rakennustieto Oy

RT 10-11226, (2016), Talonrakennushankkeen kulku – Kustannusten muodostuminen ja ohjaus, Rakennustieto Oy

Saaranen-Kauppinen, A., Puusniekka, A., (2006), KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto, Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/viittausohje.html>

Safiki, A., Solikin, M., Nursahid, M., (2015), Cost implications of building design plans: a literature review analysis, Saatavissa: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/6562/ICETIA2015%20-%20%2028.pdf?sequence=1>

Sainio, K., (2015), Selvitys kaavamääräysten kustannusvaikutuksista, RAKLI ry, Saatavissa: [http://www.rakli.fi/media/yhdyskunta/2015\\_kaavamaaraysten\\_kustannusvaikutukset\\_raportti\\_netires.pdf](http://www.rakli.fi/media/yhdyskunta/2015_kaavamaaraysten_kustannusvaikutukset_raportti_netires.pdf)

Salla, P., (2012), Rakennuttajan kustannusarvioiden laadinta, 34. Rakennuttajakoulutus, Aalto University Professional Development

Seeley, I., (1976), Building Economics – *appraisal and control of building design cost and efficiency*, The MacMillan Press LTD, 332 p.

Suomen virallinen tilasto (SVT), (2016), Rakennuskustannusindeksi, Tilastokeskus, Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/rki/2016/10/rki\\_2016\\_10\\_2016-11-15\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rki/2016/10/rki_2016_10_2016-11-15_tie_001_fi.html)

Särkilahti, T., (1994), Talo 90 -Rakennuskustannusten laskentaohje rakennustekniset työt, Rakennustieto Oy, 82 s. + liitteet 19 s.

Talo-80 -ryhmä, (1982), Määrälaskentaohje Talo-80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan. Rakentajain kustannus, 147 s.

Walden, J., (2015), Suunnittelun ohjaus rakennusliikkeessä, Luento 25.2.2015 Tampereen teknillinen yliopisto

Zima, K., Plebankiewicz, E., (2012), Analysis of the building shape erected in Krakow and its impact on construction costs, Organization, technology & management in construction: an international journal, Vol. 4 No. 1 June 2012, pp. 411-419



# LIITE 1

*Taulukko 4. Kohteiden rakennuskustannusten prosentuaalinen jakautuminen pääryhmittäin*

	PR 1	PR 2	PR 3	PR 4	PR 5	PR 6	PR 7	PR 8	PR 9
Kohde 1	5	2	40	8	8	6	13	7	11
Kohde 2	7	4	33	8	11	6	18	4	7
Kohde 3	6	3	37	9	12	6	18	3	7
Kohde 4	12	5	41	6	6	5	13	4	7
Kohde 5	6	7	42	7	8	5	16	3	6
Kohde 6	7	4	43	8	7	5	15	4	7
Kohde 7	7	4	43	8	6	4	16	4	7
Kohde 8	6	5	43	7	8	6	15	3	7
Kohde 9	5	5	43	8	7	6	17	3	7
Kohde 10	4	5	43	7	6	6	17	3	7
Kohde 11	8	2	34	8	10	4	15	7	12
Kohde 12	10	2	33	8	10	5	13	6	12
Kohde 13	10	4	40	8	7	5	15	4	7
Kohde 14	9	6	41	7	7	4	15	4	7
Kohde 15	7	5	32	8	12	5	18	4	8
Kohde 16	6	6	31	8	12	6	18	4	8
Kohde 17	5	4	35	7	13	5	17	5	8
Kohde 18	6	3	40	7	12	5	17	2	8
Kohde 19	4	3	36	8	12	4	16	5	11
Keskiarvo	7	4	38	8	9	5	16	4	8
Keskihajonta	2	1	4	1	3	1	2	1	2

## LIITE 2

*Taulukko 5. Muotokertoimille laskettuja arvoja*

	W/F	LBI	JC	POP	m
paras mahdollinen arvo	0	1	0	1	4
Kohde 1	<b>0,49</b>	<b>1,46</b>	0,15	0,77	<b>4,07</b>
Kohde 2	0,72	2,89	0,14	0,77	4,58
Kohde 3	0,69	2,19	0,11	<b>0,80</b>	<b>4,31</b>
Kohde 4	<b>0,58</b>	<b>1,84</b>	0,14	0,77	<b>4,19</b>
Kohde 5	0,74	2,53	0,16	0,76	<b>4,44</b>
Kohde 6	0,64	2,07	<b>0,08</b>	<b>0,82</b>	<b>4,27</b>
Kohde 7	0,86	3,00	0,17	0,76	4,62
Kohde 8	0,73	2,07	0,13	0,79	<b>4,27</b>
Kohde 9	0,63	<b>1,90</b>	0,14	0,77	<b>4,21</b>
Kohde 10	0,63	<b>1,90</b>	0,14	0,77	<b>4,21</b>
Kohde 11	<b>0,50</b>	3,11	0,35	0,66	4,66
Kohde 12	<b>0,57</b>	<b>1,77</b>	0,20	0,74	<b>4,16</b>
Kohde 13	0,71	<b>1,52</b>	0,17	0,76	<b>4,09</b>
Kohde 14	<b>0,59</b>	2,03	0,14	0,78	<b>4,25</b>
Kohde 15	0,78	2,42	0,13	0,78	<b>4,40</b>
Kohde 16	0,60	<b>1,80</b>	<b>0,06</b>	<b>0,83</b>	<b>4,17</b>
Kohde 17	0,68	3,55	0,21	0,73	4,83
Kohde 18	0,78	4,76	0,35	0,66	5,28
Kohde 19	<b>0,52</b>	2,68	0,21	0,73	<b>4,49</b>

# LIITE 3

**Taulukko 6.** Pearsonin korrelaatiokertoimen kriittisiä arvoja (mukaillen, Nummenmaa et al. 2014)

Merkitsevyystaso yksisuuntaisessa testissä					
n	5 %	2,5 %	1 %	0,5 %	0,05 %
	Merkitsevyystaso kaksisuuntaisessa testissä				
	10 %	5 %	2 %	1 %	0,1 %
5	0,805	0,878	0,934	0,959	0,991
6	0,729	0,811	0,882	0,917	0,974
7	0,669	0,754	0,833	0,875	0,951
8	0,621	0,707	0,789	0,834	0,925
9	0,582	0,666	0,750	0,798	0,898
10	0,549	0,632	0,715	0,765	0,872
11	0,521	0,602	0,685	0,735	0,847
12	0,497	0,576	0,658	0,708	0,823
13	0,476	0,553	0,634	0,684	0,801
14	0,458	0,532	0,612	0,661	0,780
15	0,441	0,514	0,592	0,641	0,760
16	0,426	0,497	0,574	0,623	0,742
17	0,412	0,482	0,558	0,606	0,725
18	0,400	0,468	0,543	0,590	0,708
19	0,389	0,456	0,529	0,575	0,693
20	0,378	0,444	0,516	0,561	0,679
21	0,369	0,433	0,503	0,549	0,665
22	0,360	0,423	0,492	0,537	0,652
23	0,352	0,413	0,482	0,526	0,640
24	0,344	0,404	0,472	0,515	0,629
25	0,337	0,396	0,462	0,505	0,618